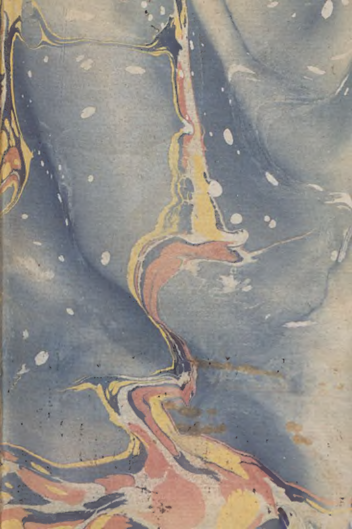






CARTAS

DE

LEONARDO EULER

Á UNA PRINCESA DE ALEMANIA.

Se hallará en el despacho de libros de don José del Collado, calle de la Montera.

CARTAS

DE

LEONARDO EULER

Á UNA PRINCESA DE ALEMANIA

sobre varias materias de física y de filosofía

TRADUCIDAS

CON NOTAS Y ADICIONES

POR

D. Juan Lopez de Peñalver,

del Consejo de S. M. y Ministro que fue de la extinguida Junta general de Comercio, Moneda y Minas, de la Academia nacional de España, de la Academia de ciencias naturales y artes de Barcelona y de la Academia médica de Madrid; Académico de honor de la de san Fernando de Madrid, y de la de san Luis de Zaragoza; de las Sociedades económicas de Madrid, Valencia, Avila, &c.

TOMO III.

MADRID,

IMPRENTA DE DON JOSÉ DEL COLLADO.

1822.

CARTAS

Á UNA PRINCESA DE ALEMANIA

SOBRE VARIAS MATERIAS

DE FÍSICA Y DE FILOSOFÍA.

CARTA 126.

Sobre la qüestion, si nos es conocida, ó no la esencia de los cuerpos.

Despues de tantas reflexiones sobre la naturaleza y las facultades de nuestra alma, acaso gustará V. A. de volver á la consideracion de los cuerpos, de que ya he tenido el honor de explicarle las principales propiedades.

Vimos pues que la naturaleza de los cuerpos encierra necesariamente tres cosas; la *extension*, la *impenetrabilidad* y la *inercia*: de manera que un sér en que no se encuentren juntas estas tres propiedades, no se puede admitir en la clase de los cuerpos; y

recíprocamente en hallándose reunidas en un sér, nadie titubeará en reconocerlo por cuerpo.

En estas tres cosas se constituye pues con razon la esencia de un cuerpo, aunque muchos Filósofos digan que la esencia de ellos nos es enteramente desconocida. No son solo los Pirrónicos quienes dudan de todo, sino que háy tambien otras sectas que sostienen que la esencia de todas las cosas nos es absolutamente desconocida: en efecto, en cierto modo tienen razon, porque es verdad lo que dicen respecto de todos los séres individuales que existen.

V. A. conocerá claramente que sería el mayor absurdo el creer solamente que yo conocia la esencia de la pluma con que ahora estoy escribiendo esta carta. Si yo conociera la esencia de esta pluma (no hablo de las plumas en general, sinó únicamente de la que tengo entre mis dedos, que es un énte *individual*, como le llaman en Metafísica, el qual es distinto de todas las demas plumas que se hallan en el mundo): si yo, repito, conociese la esencia de esta pluma individual, podria distinguirla de todas las demas, y sería imposible que la mudasen sin que yo lo notára: deberia conocer distintamente la naturaleza, el número y la colocacion de todas las partes de que se compone. Pero estoy muy léjos de semejante conocimiento: miéntras me levanto un momento, mis hijos pudieran mudarla, y poner otra en su lugar

sin que yo lo notase; y aun quando le hubiera hecho una señal, ¿no podrian hacer otra semejante en otra pluma? Y si esto fuese imposible á mis hijos, siempre es menester convenir en que Dios podria hacer otra pluma tan semejante á ésta, que yo no encontraria la diferencia: no obstante sería otra pluma diferente de la mia, y Dios conoceria sin duda la diferencia, quiero decir, que Dios conoce perfectamente la esencia de las dos plumas; pero como yo no descubro ninguna diferencia, es evidente que no conozco su esencia.

Lo mismo dirémos de todas las demas cosas individuales, y asi puede decirse que solo Dios conoce la esencia ó la naturaleza de cada una. V. A. no podrá señalar ninguna cosa realmente existente, de la que tengamos tan perfecto conocimiento que sea imposible engañarnos nunca: este es, por decirlo asi, el sello con que el Criador ha señalado todas las cosas creadas, y cuya naturaleza sera siempre para nosotros un misterio.

Es pues seguro, que no conocemos la esencia de las cosas individuales, o los caracteres con que cada una se distingue de todas las demas; pero no sucede lo mismo en las especies y en los géneros, que son nociones generales, y abrazan á la vez una infinidad de cosas individuales. No son pues séres existentes, sino nociones que nosotros mismos formamos en nuestra mente, colocan-

do muchas cosas individuales en la misma clase, á lo que llamamos especie ó género, segun es menor ó mayor el número de cosas individuales que se comprehenden.

Siguiendo el exemplo de la pluma, vemos que hay una infinidad de cosas, á cada una de las quales damos el mismo nombre, aunque todas son diferentes entre sí: la nocion de *pluma* es una idea general que nosotros mismos hemos creado, la qual no existe sinó en nuestro entendimiento. Esta nocion no contiene mas que los caractéres comunes que constituyen la esencia de la nocion general de una pluma, la qual esencia conocemos bien, pues podemos distinguir todas las cosas que llamamos plumas de las que no comprehendemos baxo este nombre.

Luego que observamos en una cosa ciertos caractéres ó ciertas qualidades, decimos que es una pluma, y podemos distinguirla de todas las demas cosas que no son plumas, aunque estamos muy distantes de distinguirla de las demas plumas.

Quanto mas general es una nocion comprehende ménos caractéres que constituyen su esencia, y por consiguiente es mas fácil de reconocer esta esencia Mas fácilmente comprehendemos lo que es un árbol en general, que un cerezo, o un peral, o un manzano, que son especies: quando digo tal cosa que veo en un jardin es un árbol, no me engaño; pero pudiera muy bien engañarme si

decia que era un cerezo. Así es que yo conozco mejor la esencia de un árbol en general, que las especies; y no confundire tan fácilmente un árbol con una piedra, como un cerezo con un ciruelo.

Una nocion en general se extiende infinitamente mas léjos: su esencia no comprehende sino los caractéres comunes á todos los séres que llamamos cuerpos; por lo que se reduce á muy poco, pues es menester excluir todos los caractéres que distinguen un cuerpo de los demas.

Me parece pues ridículo el decir, como dicen algunos Filósofos, que la esencia de los cuerpos en general nos es desconocida. Si así fuese, nunca podríamos decir con seguridad que tal cosa es un cuerpo, ó no lo es; y siendo así que en esta parte no podemos engañarnos, es preciso que conozcamos suficientemente la naturaleza ó la esencia de los cuerpos en general. Este conocimiento se reduce á la extension, la impenetrabilidad y la inercia. = A 21 de Abril de 1761.

CARTA 127.

Sobre la verdadera nocion de la extension.

He tenido ya el honor de indicar á V. A. que la nocion general de un cuerpo, comprehende estas tres qualidades, la *extension*, la *impenetrabilidad* y la *inercia*, sin las quales no puede ponerse ningun sér en la clase de los cuerpos. Los mas escrupulosos no niegan la necesidad de estas tres qualidades para constituir un cuerpo; pero dudan si estos tres caracteres son suficientes. Acaso, *dicen*, hay otros muchos caracteres que son igualmente necesarios para la esencia de un cuerpo.

Pero yo les preguntaré: ¿si Dios criase un ser despojado de esos otros caracteres desconocidos, y que no tuviese mas que los tres referidos, podrán negarle el nombre de cuerpo? Sin duda que no: porque si en ello tuviesen la menor duda, no podrian decir con seguridad, que las piedras que encuentran en la calle son cuerpos, pues estan inciertos de si aquellos caracteres desconocidos se hallan en estas piedras.

Algunos piensan que la gravedad es una propiedad esencial de todos los cuerpos, porque todos los que conocemos son graves; pero si Dios los despojase de esta qualidad; ¿dexarian por eso de ser cuerpos? Los cuerpos celestes no caen abaxo, segun debiera suceder si fueran pesados como los cuerpos que tocamos, y sin embargo se les dá el nombre de cuerpos (a). Y aun quando todos los cuerpos fuesen pesados, no se seguiria que la gravedad es una propiedad esencial de ellos, pues un cuerpo permaneceria cuerpo, aunque se destruyese su gravedad por un milagro (b).

No puede hacerse este raciocinio, respecto de las tres propiedades esenciales que he indicado. Si Dios aniquilase la extension de un cuerpo, ya dexaria de ser cuerpo; y un cuerpo despojado de la impenetrabilidad, ya no se podria llamar *cuerpo*, sino que seria un espectro, una fantasma: lo mismo sucede respecto de la inercia.

V. A. sabe que la extension es el objeto propio de la Geometria, en la que no se con-

(a) Este es un sofisma, ó por mejor decir un descuido. El mismo Euler ha reconocido ántes esta verdad grande de la gravitacion universal: por ella giran los Planetas al rededor del sol, y sin ella se moverian en línea recta.

(b) Tal vez no; porque si la coherencia y la formacion de los cuerpos depende de la atraccion de las particulas infinitamente pequeñas, faltando dicha atraccion el mundo seria un cahos.

sideran los cuerpos sino en quanto son extensos, haciendo abstraccion de la impenetrabilidad y de la inercia. El objeto de la Geometría es pues una nocion mucho mas general que la de los cuerpos, porque comprehenderia no solamente los cuerpos, sino tambien todos los séres únicamente extensos, sin impenetrabilidad si los hubiera. De esto se sigue que todas las propiedades que se deducen, en la Geometría, de la nocion de la extension, deben todas verificarse en los cuerpos, por quanto todos son extensos: porque todo lo que conviene á una nocion mas general, como por exemplo la de un árbol, debe tambien convenir á la nocion de un cerezo, de un peral, de un manzano, &c.; y este principio es el fundamento de todo raciocinio, pues en virtud de él afirmamos ó negamos siempre de las especies y de las cosas individuales, todo lo que afirmamos ó negamos del género.

Hay no obstante algunos Filósofos, y aun la mayor parte de los del dia, que niegan altamente que las propiedades de la extension en general, esto es, como la considera la Geometría, se verifiquen en los cuerpos realmente existentes: dicen que la extension de la Geometría es un sér abstracto, de cuyas propiedades nada se puede concluir respecto de las cosas reales: por tanto, quando yo he demostrado que los tres ángulos de un triángulo son juntos iguales á dos ángu-

los rectos, esta es una propiedad que no conviene sino á un triángulo abstracto, y de ningun modo á un triángulo real.

Pero estos Filósofos no advierten las malas consecuencias que se derivan naturalmente de la diferencia que hacen entre los objetos formados por abstraccion, y los objetos reales; y si no fuese exâcto el concluir de los primeros á los últimos, ninguna conclusion ni ningun raciocinio podria ser admitido; porque siempre concluimos de las nociones generales á las particulares.

Todas las nociones generales son tan éntes abstractos, como la extension geometrica: un arbol en general, ó la nocion general de los árboles está formada por abstraccion, y no existe fuera de nuestro entendimiento, ni mas ni menos que la extension geométrica. La nocion del hombre en general está en el mismo caso, y el hombre en general no exîste en ninguna parte: todos los hombres que existen son séres individuales, que corresponden á nociones individuales: la idea general que los comprehende á todos está formada por abstracion.

La censura que estos Filósofos hacen continuamente á los Geometras de que no se ocupan sino en cosas abstractas, no tiene pues fundamento; porque todas las otras ciencias tratan principalmente de nociones generales, que no son mas reales que el objeto de la Geometría. El enfermo en general

á que el Médico atiende, y cuya idea comprehende todos los enfermos realmente existentes, es una idea abstracta; y aun el merito de cada ciencia es tanto mayor, quanto se extiende á nociones mas generales, esto es, mas abstractas.

En el correo próximo tendré el honor de manifestar a V. A. el objeto de estas críticas que los Filósofos hacen de los Geometras, y el motivo de que no quieran permitir el que se atribuya a los seres extensos reales, esto es, a los cuerpos existentes, las propiedades que convienen á la extension en general, o a la extension abstracta. Todo se reduce á que temen que sus principios de Metafísica den por tierra. = A 25 de Abril de 1761.

CARTA 128.

Sobre la divisibilidad de la extension al infinito.

La controversia entre los Filósofos modernos y los Geometras, de que hable en mi anterior, es acerca de la divisibilidad de los cuerpos. Esta propiedad está sin duda fundada en la extension; porque los cuer-

pos no son divisibles, o no se les puede hacer partes sino en quanto son extensos.

V. A. se acordará que en la Geometría, se puede siempre dividir una línea en dos partes iguales, por pequeña que sea. Tambien se enseña en ella el modo de dividir una línea, como *a i* en tantas partes iguales como se quiera, lo qual se demuestra sin que quede duda de la exâctitud de la operacion. Lám. I. Fig. I.

Para ello no hay mas que tirar á la línea *a i* una línea paralela *A Y*, de la magnitud y á la distancia que se quiera, y en ella tomar A B, B C, C D, D E, &c. iguales entre si, y tantas como sean las partes en que se ha de dividir la linea propuesta, por exemplo ocho. Despues se tiran por los extremos A, *a*, Y, *i* las líneas rectas A a O, Y i O, hasta que se junten en O; y por este punto O se tiran á todos los puntos de division B, C, D, E, &c. las líneas rectas O B, O C, O D, O E, &c., que al mismo tiempo cortarán la línea *a i* en ocho partes iguales.

Esta operacion se verifica por pequeña que sea la linea *a i*, y sea qual fuere el número de partes en que se ha de dividir. Es verdad que en la execucion no podemos siempre conseguirlo: las lineas que tiramos tienen siempre cierto grueso, y asi se confunden, como puede verlo V. A. en la figura cerca del punto O: pero aquí se trata de lo que es posible en si mismo, y no de lo

que podemos executar. En la Geometría las líneas no tienen grueso ninguno, y por consiguiente jamás se confunden: de donde se sigue que la division mencionada no tiene límite ninguno.

Una vez que V. A. me concede que una línea puede ser dividida en mil partes; si cada una de ellas se parte en dos, sera divisible la línea en dos mil partes; y por la misma razon en quatro mil, en ocho mil, sin llegar jamás á partes indivisibles. Por pequeña que se conciba una línea, es divisible en dos mitades, y cada mitad en otras dos, y cada una de éstas del mismo modo, y así hasta el infinito.

Lo que he dicho de una línea se aplica fácilmente á una superficie, y del mismo modo á un sólido, dotado de tres dimensiones, longitud, latitud y profundidad. Por eso se dice que toda extension es divisible al infinito, y esta propiedad se llama la *divisibilidad al infinito*.

Quien quiera negar esta propiedad de la extension, habrá de conceder que al fin se llegaria á unas partes tan pequeñas, que no serian susceptibles de mas division, pues no tendrian extension. Pero todas estas partículas juntas han de reproducir el todo que se ha dividido en ellas; y como la cantidad de cada una sera *nada* o cero, se sigue que muchos ceros juntos producirán una cantidad, lo que es evidentemente ab-

surdo: porque V. A. sabe muy bien por la Aritmética, que dos o mas ceros juntos no dan nunca una cantidad. Esta opinion de que en la division de la extension o de una cantidad qualquiera se llega al fin a particulas tan pequeñas, que no son ya divisibles por causa de su pequeñez, y que no serian cantidades, no se puede absolutamente defender.

Para manifestar mejor lo absurdo de ella, supongamos que una linea de una pulgada de largo se divida en mil partes; y que estas sean tan pequeñas que no admitan mas division. Cada parte no tendrá pues ninguna magnitud, pues si la tuviese, seria aun divisible. Cada particula será por consiguiente absolutamente nula; y como estas mil particulas juntas componen la longitud de una pulgada, seria nula la milesima parte de una pulgada: lo que es tan absurdo como decir que la mitad de una cantidad no es nada; y si es absurdo decir que la mitad de una cantidad no es nada, tambien lo es que la mitad de la mitad, o el quarto de la misma cantidad, no es nada; y lo que se me concede acerca del quarto, se me debe conceder respecto de la milesima o de la millonesima parte. Finalmente, por mas que con la imaginacion se haya adelantado la division de una pulgada, siempre es posible llevarla mas adelante, y nunca se llegará a que las últimas

partículas sean absolutamente indivisibles. Estas partes irán siendo cada vez mas pequeñas, y su magnitud se acercará mas y mas á cero, pero nunca llegarán a serlo.

Hay pues razon para decir, en la Geometría, que toda magnitud es divisible al infinito; y que nunca se puede llegar a una division tal que no sea posible otra division. Es menester distinguir lo que es posible en sí mismo, de lo que nosotros podemos hacer. Nuestra practica tiene ciertos limites. Luego que hemos dividido, por exemplo, una pulgada en mil partes, son éstas tan pequeñas que no las percibe nuestra vista, y nos seria ciertamente imposible el hacer otra division.

Pero si miramos esta milésima parte de una pulgada por un buen microscopio, que aumente por exemplo mil veces, nos parecerá cada partícula tan grande como nos parece á simple vista una pulgada; y quedaremos convencidos de la posibilidad de dividir cada una de estas partículas en otras mil partes. El mismo raciocinio puede llevarse mas adelante, sin que jamas tenga limites.

Es pues una verdad indubitable que toda magnitud es divisible al infinito; lo que no solamente se verifica en la extension, que es el objeto de la Geometría, sino que tiene lugar en todas las demas especies de cantidades, como el tiempo y el numero. = A 28 de Abril de 1761.

CARTA 129.

Si esta divisibilidad al infinito se verifica en los cuerpos actualmente existentes.

Tenemos pues por una verdad constante que la extension es divisible al infinito; y que es imposible concebir partes tan pequeñas, que no admitan division. No niegan los Filosofos esta verdad, y solo dicen que no se verifica en los cuerpos existentes: dicen que la extension, cuya divisibilidad al infinito queda demostrada, es un objeto quimerico, formado por abstraccion; y que una extension simple, como la considera la Geometria, no puede existir en el mundo.

En este punto tienen razon; pues la extension es sin duda una idea general, formada por abstraccion, del mismo modo que la de hombre o arbol en general; y así como el hombre o el arbol en general no existen, tampoco existe la extension en general. V. A. sabe que no existen mas que seres individuales, y que las nociones generales solo se hallan en nuestro entendimiento: mas

no por eso se dirá que sean quiméricas estas nociones generales; quando al contrario, contienen el fundamento de todos nuestros conocimientos.

Todo lo que conviene á una nocion general y todas las propiedades de ella se verifican necesariamente en todos los individuos comprehendidos en dicha nocion. Quando se dice que la nocion general del hombre contiene un entendimiento y una voluntad, se entiende sin duda que cada hombre individual tiene estas facultades. Estos mismos Filosofos se alaban de demostrar muchas propiedades, que pertenecen a la substancia en general, la que seguramente es una idea tan abstracta como la de la extension; y no obstante sostienen que todas estas propiedades convienen á todas las substancias individuales, todas las quales son extensas. Si en efecto una substancia no tuviese estas propiedades, seria falso que conviniesen á la substancia en general.

Si pues los cuerpos, que todos son séres extensos o dotados de extension, no fuesen divisibles al infinito, seria tambien falso que la divisibilidad al infinito fuese una propiedad de la extension. Dichos Filosofos confiesan que esta propiedad conviene a la extension, pero pretenden que no puede verificarse en los seres extensos. Esto es lo mismo que si yo dixera que el entendimiento y la voluntad son sin duda atributos de

la nocion del hombre en general ; pero que no pueden verificarse en los hombres individuales existentes.

V. A. sacará fácilmente esta conclusion. Si la divisibilidad al infinito es una propiedad de la extension en general, es preciso que convenga tambien á todos los séres individuales extensos : ó si los seres actuales extensos no son divisibles al infinito, será falso que la divisibilidad al infinito sea una propiedad de la extension en general.

No se puede negar una ú otra de estas dos consecuencias, sin oponerse á los principios mas solidos de todos nuestros conocimientos ; y los Filosofos que no admiten la divisibilidad al infinito en los seres reales extensos, no debieran tampoco admitirla en la extension en general ; pues si conceden lo último, caen en manifiesta contradicion.

Esto no debe sorprender á V. A., porque este es un defecto de que no estan exêntos los mayores hombres. Pero lo que si es muy extraordinario, es que estos Filosofos para salir del paso, lo que hacen es negar que los cuerpos son extensos ; y dicen que en ellos no hay mas que una apariencia de extension, pero que esta no les conviene en ningun modo.

V. A. ve claramente que esta es una trampa miserable, y que se valen de ella para negar la principal y mas evidente propiedad de los cuerpos. Esta es una potente

vagancia muy semejante á la de los Filósofos epicureos, quienes defendian que todo lo que existe en el mundo es material, sin exceptuar sus mismos dioses; pero viendo que estos dioses corporales presentaban grandes dificultades, inventaron una escapatoria semejante á esta de los Filosofos de nuestros dias, y dixeron que los dioses no tenian cuerpos, sino *quasi-cuerpos*: que no tenian sentidos, sino *quasi-sentidos*; y así de todos los miembros. Las demas sectas de Filósofos de la antigüedad se han burlado de estos *quasi-cuerpos* y *quasi-sentidos*, y en el dia se burlarán con igual razon de la quasi-extension que los Filosofos atribuyen á los cuerpos. Esta voz de *quasi-extension* expresa perfectamente esta apariencia de extension, sin ser una verdadera extension.

Los Geometras pudieran responderles que los objetos de que han probado la divisibilidad al infinito, no eran sino una *quasi-extension*, y por consiguiente todos los seres dotados de una *quasi-extension*, eran necesariamente divisibles al infinito. Pero nada se puede sacar de ellos: se defienden los mayores absurdos, primero que confesar el error. V. A. habrá reparado que este es el carácter de la mayor parte de los Sabios. = A 2 de Mayo de 1761.

CARTA 130.

De la famosa disputa acerca de las mónadas.

Quando se habla de Filosofia en la sociedad, los discursos suelen tener por objeto algunos puntos, que han ocasionado grandes disputas entre los Filosofos.

La divisibilidad de los cuerpos es uno de ellos, acerca del qual varían mucho los pareceres de los Sábios. Los unos sostienen que esta divisibilidad va al infinito, sin que jamás se llegue á partículas tan pequeñas que ya no sean capaces de division. Otros pretenden que esta division no pasa de cierto termino, y que al fin se llega a particulas tan pequeñas, que no teniendo ninguna magnitud, no se las puede dividir. A estas ultimas particulas, que entran en la composicion de los cuerpos, las llaman *séres simples* *ó mónadas.*

Hubo tiempo en que era tan viva y general la disputa de las monadas, que se hablaba de ella con mucho ardor en todas las concurrencias, y aun en los cuerpos de guar-

dia. En la Corte casi no habia ninguna Dama que no se hubiese declarado á favor ó en contra de las *mónadas*. Finalmente en todas partes la conversacion era siempre de las *mónadas*, y no se hablaba sino de esto.

La Real Académia de Berlin tomó mucha parte en estas disputas; y teniendo costumbre de proponer todos los años una cuestion, y dar una medalla de oro al que mejor la tratase, segun el juicio de la Académia, eligio para el año de 1718 la cuestion sobre las *mónadas*. Recibieronse muchisimas disertaciones, y el Presidente Maupertuis nombro á varios sugetos para exâminarlas, dando la direccion de esta comision al Conde Dohna, quien como juez imparcial, exâmino con suma atencion las pruebas que se alegaron á favor y en contra de las *mónadas*. Por último se encontro, que las que estaban á favor eran tan debiles y quimericas, que trastornaban todos los principios de nuestros conocimientos. Se resolvio pues á favor de la opinion contraria, y se adjudicó el premio a la disertacion del Señor de *Justi*, que era quien mejor refutaba las *mónadas*.

V. A. ve que este proceder de la Académia irritaria terriblemente á los partidarios de las monadas, á cuyo frente se encontraba el celebre Wolfio. Sus sectarios, que entonces eran muchos mas, y mas temibles que en el dia, alzaron el grito contra la injusticia y

la parcialidad de la Académia ; y faltó poco que el gefe de ellos no lanzase contra ella el anatema filosófico. Ya no me acuerdo de quien fue al que debemos el haberla suspendido.

Como esta materia ha hecho tanto ruido, no disgustará á V. A. que me detenga algo en ella. Toda la disputa se reduce á si los cuerpos son divisibles al infinito; o lo que es lo mismo, si la divisibilidad de los cuerpos tiene límites ó no. En este punto he observado ya que por una y otra parte convienen en que la extension, considerada geométricamente, es divisible al infinito; pues por pequeña que sea una magnitud, se puede concebir la mitad de ella, la mitad de esta mitad, y así en adelante hasta el infinito.

La nocion de la extension es muy abstracta, como lo son las de todos los géneros, tales como el hombre, el caballo, el árbol, &c. miéntras no se las aplica á un ser individual y determinado. Por otra parte, es un principio el mas cierto de todos nuestros conocimientos, que todo lo que conviene al genero, conviene á todos los individuos comprehendidos en el. Si son extensos todos los cuerpos, convendrán á cada cuerpo en particular todas las propiedades que convengan á la extension; pero todos los cuerpos son extensos, y la extension es divisible al infinito: luego cada cuerpo lo será tambien. Este es un silogismo en toda forma: y su-

puesto que no cabe duda en la primera proposicion, solo es menester ver si la segunda es verdadera, o que los cuerpos son extensos.

Para sostener su opinion los partidarios de las *mónadas* se ven obligados á decir, que los cuerpos no son extensos, y que solamente tienen una apariencia de extension. De esta manera creen haber refutado suficientemente el argumento referido acerca de la divisibilidad al infinito. Pero si los cuerpos no son extensos, querria yo saber por donde nos hemos formado la idea de la extension; porque si ellos no son extensos, no hay en el mundo nada que lo sea, pues los espíritus no lo son. Por consiguiente nuestra idea de la extension será enteramente imaginaria y quimerica. La Geometria seria entonces una especulacion del todo inutil é ilusoria, y nunca admitiria ninguna aplicacion á las cosas realmente existentes. En efecto, si no hay nada extenso, ¿para que es averiguar las propiedades de la extension? Pero siendo la Geometría, sin contradiccion, una de las ciencias mas utiles, es preciso que su objeto no sea una mera quimera.

Será pues preciso conceder que el objeto de la Geometria es á lo ménos aquella extension aparente que estos Filosofos admiten en los cuerpos, pero este mismo objeto es divisible al infinito; luego los seres existentes, dotados de esta extension aparente, serán necesariamente extensos.

Finalmente, hácia qualquier parte que se vuelvan estos Filosofos, para defender sus monadas, o aquellas últimas y mínimas partículas sin magnitud, de que segun ellos se componen todos los cuerpos, caen siempre en dificultades de que no pueden salir. Ya dicen ellos que solamente los entendimientos groseros no pueden gustar de su doctrina sublime; pero es de notar que los mas estúpidos son los que hacen mayores progresos. = Á 5 de Mayo de 1761.

CARTA 131.

Reflexiones ulteriores sobre la divisibilidad al infinito de los cuerpos y sobre las monadas.

Quando se habla de la divisibilidad de los cuerpos, se ha de distinguir la que está en nuestro poder de la que es posible en sí misma. En el primer caso no hay duda en que la division de los cuerpos que podemos efectuar es muy limitada.

Si molemos una piedra, la reducirémos á polvo; y si pudiesemos contar todas las partecillas que forman este polvo, hallaria-

mos un número tan grande, que nos sorprehenderia el haber dividido la piedra en tantas partes. Estas mismas partecillas serán casi indivisibles fisicamente; porque los instrumentos de que podemos servirnos no pueden hacer nada en ellas. Sin embargo, no se dirá que son indivisibles en sí mismas: no hay mas que mirarlas por un buen microscopio, y cada una parecerá una piedra bastante grande, en la que se distinguirán muchos puntos y desigualdades: lo qual prueba la posibilidad de mayor division, aunque no podamos executarla; porque siempre que podamos distinguir en un objeto varios puntos, no tiene duda que es divisible en otras tantas partes.

No se habla pues de la divisibilidad que depende de nuestras fuerzas y de nuestra destreza, sino de la que es posible en sí misma, y que la Omnipotencia divina podria executar. En este sentido toman los Filosofos la palabra *divisibilidad*: de manera que si hubiese una piedra tan dura, que ninguna fuerza pudiera romperla, no habria duda en decir que era por su naturaleza tan divisible como la mas frágil de igual tamaño. ¿Quantos cuerpos hay tambien, de cuya divisibilidad nadie duda, no obstante que no podemos executarla? Nadie duda de que la Luna sea un cuerpo divisible, por la sola razon de que es extensa, no obstante que no podemos separar de ella la mas pequeña parte

Donde quiera que vemos extension tenemos que reconocer la divisibilidad: de suerte que esta es una propiedad inseparable de la extension. La experiencia nos prueba tambien que la division de los cuerpos va muy lejos. No me detendre en el exemplo comun de una pieza de metal, que los obreros la reducen á hojas tan delgadas, que se puede cubrir una gran superficie: con lo que la pieza se dividirá en tantas partes como pueda dividirse esta superficie. Nuestro propio cuerpo nos suministra un exemplo mucho mas admirable. Considere V. A. las menores venas y los nervios mas pequeños de que está lleno, y los fluidos que los atraviesan, y verá que la sutileza que se descubre no cabe en nuestra imaginacion.

Los insectos mas pequeños que no vemos casi á simple vista, tienen sus miembros y piernas con que andan con una velocidad prodigiosa. Cada pierna tiene pues sus músculos compuestos de muchas fibras, y tienen venas, nervios, y un fluido mucho mas sutil que corre por ellos.

Si se observa, con un buen microscopio, una gota de agua, parece un mar: en ella se ven nadar miliares de criaturas vivientes, cada una de las quales está compuesta necesariamente de una infinidad de fibras musculares y nerviosas, cuya maravillosa estructura debe llenarnos de admiracion. Y aunque estas criaturas sean tal vez las mas pe-

queñas que podemos descubrir por el microscopio, no son sin duda las mas pequeñas que Dios ha criado; ántes es verosimil que existan otras tan pequeñas relativamente a ellas, como estas lo son respecto de nosotros. Estas no serán todavía las mas pequeñas, sino que habrá una infinidad de otras clases, cada una de las quales comprenderá criaturas incomparablemente mas pequeñas que las precedentes.

Reconozcamos aquí la omnipotencia y sabiduría del Criador del mismo modo que en las cosas grandes; y aun me parece que la consideracion de estas especies pequeñas, cada una de las quales está seguida de otra incomparablemente mas pequeña, debe hacer la mas viva impresion en nuestros espíritus, y elevarnos a las ideas mas sublimes de las obras del Omnipotente, cuyo poder es ilimitado, así en las cosas grandes como en las pequeñas.

Imaginar que despues de haber dividido un cuerpo en un gran número de partes, se llega en fin a partículas tan pequeñas, que no admiten mas division, es pues señal de un ingenio muy limitado. Pero supongamos que se llegue a partículas tan pequeñas, que por su propia naturaleza no sean divisibles, lo que es el caso de las mónadas. Antes de llegar a este punto se tendrá una partícula compuesta de dos solas *mónadas*, y será de cierta magnitud o extension, sin lo qual no

hubiera sido divisible en aquellas dos *mónadas*. Supongamos ademas que esta partícula, supuesto que es extensa, sea la milesima parte de una pulgada; lo mismo se diria igualmente de qualquiera otra parte mas pequeña. Esta milesima parte de una pulgada está pues compuesta de dos *mónadas*, y por tanto dos *mónadas* juntas serian la milesima parte de una pulgada, y dos mil veces nada seria una pulgada. Este absurdo salta á los ojos.

Los partidarios del sistema de las *mónadas* temen mucho á este argumento, y se hallan indecisos quando se les pregunta, ¿quantas *mónadas* se necesitan para una extension? Dos les parece muy poco, y asi dicen que son menester muchas. Pero si dos *mónadas* no pueden producir la extension, porque cada una no la tiene, tampoco la producirán tres ni quatro, ni tantas como se quiera; lo que destruye enteramente el sistema de las *mónadas*. = Á 9 de Mayo de 1761.

CARTA 132.

Refutacion y respuesta á las objeciones de los Monadistas contra la divisibilidad de los cuerpos al infinito.

Las razones que se alegan para probar la divisibilidad de los cuerpos al infinito, no hacen fuerza á los partidarios de las monadas. Sin refutarlas directamente, dicen que la divisibilidad al infinito es una quimera de los Geometras, y que implica contradicciones: porque si cada cuerpo fuese divisible al infinito, los mas pequeños y los mas grandes contendrian una infinidad de partes: el número de estas particulas, esto es, de las mas pequeñas de que los cuerpos se componen, será pues tan grande en el cuerpo menor como en el mayor, pues en ambos es *infinito* dicho numero. Este argumento les parece invencible; porque si el numero de las ultimas particulas de que se componen dos cuerpos, es el mismo en ambos, es preciso *dicen* que los cuerpos sean perfectamente iguales entre sí.

Esto supone que las últimas partículas sean perfectamente iguales entre sí; porque si las unas fuesen mayores que las otras, no sería extraño que el un cuerpo fuese mucho mayor que el otro. Á esto responden, que es preciso que sean iguales entre sí las últimas partículas de todos los cuerpos, supuesto que no tienen ninguna extension, y que su magnitud se desvanece absolutamente, o es nada. Tambien forman otra objecion diciendo, que los cuerpos estarían compuestos de una infinidad de *nadas*, lo que todavía es mayor absurdo.

Yo convengo en ello, y reparo que no deberian poner esta objecion, quando ellos defienden que todos los cuerpos estan compuestos de cierto número de *monadas*, aunque relativamente á su magnitud, son absolutamente nada; de suerte que, segun ellos mismos, muchas *nadas* son capaces de producir un cuerpo. Ellos confiesan que sus *mónadas* no son nada, pero son seres dotados de una excelente qualidad, en la qual esta fundada la naturaleza de los cuerpos que se componen de ellas. Pero aquí solo se trata de la extension, y como se ven obligados á decir que sus *monadas* no la tienen, se sigue que, segun ellos, algunas *nadas* serán siempre alguna cosa.

Dexemos este argumento contra el sistema de las mónadas, y veamos de responder directamente á la objecion fundada en las

últimas partículas de los cuerpos, que ponen sus partidarios, y con la que se lisongean de dexar completamente vencidos á los partidarios de la divisibilidad al infinito.

Yo quisiera saber que entienden los primeros por *últimas partículas* de los cuerpos. En su sistema, en que cada cuerpo está compuesto de cierto número de monadas, comprehendo bien que las últimas partículas de un cuerpo son las mónadas mismas que lo constituyen; pero en el sistema de la divisibilidad al infinito, esta expresion de *últimas partículas* no es absolutamente inteligible.

Á esto dicen que estas partículas son aquellas á que se llega por la division de los cuerpos, despues de haberla continuado al infinito: esto es, como si dixera, *despues de haber acabado la division que no se acaba nunca*: porque la divisibilidad al infinito no significa otra cosa que la posibilidad de continuar siempre la division, sin llegar nunca al fin, en que sería preciso cesar. El que admite la divisibilidad al infinito, niega pues la existencia de las últimas partículas de los cuerpos; y es manifiesta contradiccion suponer, á un mismo tiempo, las ultimas partículas y la divisibilidad al infinito.

Respondo pues á los partidarios del sistema de las monadas que su objecion contra la divisibilidad de los cuerpos al infinito sería muy buena, si este sistema admitiese últimas partículas; pero hallandose estas ex-

cluidas expresamente, todo su raciocinio carece de fundamento.

Es pues falso que en el sistema de la divisibilidad al infinito los cuerpos esten compuestos de una infinidad de particulas. Aunque á los partidarios de las monadas parezcan estrechamente ligadas estas dos proposiciones, se contradicen patentemente: porque sostener que los cuerpos son divisibles al infinito, o sin fin, es negar absolutamente la existencia de las ultimas particulas, y por consiguiente no se puede tratar de ellas. Esta expresion significa unas particulas que ya no son divisibles; accepcion que no puede subsistir en el sistema de la divisibilidad al infinito (a). Asi pues este formidable ataque queda del todo repelido. = A 12 de Mayo de 1761.

(a) Yo creo que esta qüestion de la divisibilidad de la materia al infinito no puede resolverse mas que de un modo, y es contestando que no lo entendemos. Yo por mi parte no tengo idea de lo infinito, sea de lo pequeño, sea de lo grande. Lo concibo, [illegible] confusamente, cuerpos mas pequeños que aquellos que percibo por los sentidos, y poco mas alla: el microscopio nos muestra que hay cuerpos sumamente mas pequeños: pero ¿concebimos la pequeñez de ellos claramente? Los vemos de un tamaño mayor, y probamos que son tantas veces mas pequeños que la extension de una linea, &c.; pero yo no concibo por eso esta pequeñez, la conocemos por comparacion; pero en pasando esta relacion de cierto punto, la idea que tenemos no es mas que la de los signos que empleamos. La experiencia nos enseña que la materia se divide en particulas tan pequeñas, que la imaginacion no puede concebir.

CARTA 133.

Sobre el principio de la razon suficiente, que es el mas fuerte apoyo de los Monadistas.

V. A. conoce claramente que siendo contradictorios los dos sistemas de que he hablado, uno de ellos ha de ser falso, y el otro verdadero. Por una y otra parte convienen en que los cuerpos son divisibles: solo pues se trata de ver si esta divisibilidad tiene límites, o si puede siempre continuarse, sin llegar nunca á particulas indivisibles.

En el primer caso queda establecido el sistema de las monadas; pues habiendo dividido un cuerpo hasta las particulas indivisibles, estas mismas particulas son las monadas; y habria razon de decir que todos los cuerpos se componen de ellas, y cada uno de cierto numero determinado. El que

Yo concluyo que la materia es divisible hasta mas allá de donde alcanza nuestro entendimiento, ¿es divisible al infinito? Yo no sé lo que es infinito, á ménos que por esta palabra se entienda lo que no podemos concebir.

niega el sistema de las mónadas, debe tambien negar que la divisibilidad de los cuerpos tiene límites: debe admitir la posibilidad de continuar siempre esta division, sin tener que detenerse nunca; y este es el caso de la divisibilidad al infinito, en el qual se niega absolutamente la existencia de las últimas partículas. Por consiguiente las dificultades fundadas en este número infinito, se destruyen por sí mismas. Quando se niegan las mónadas, no se puede hablar de últimas partículas, y mucho menos del número de ellas que entra en la composicion de cada cuerpo.

V. A. habrá notado que todo lo que hasta aquí llevo dicho en favor del sistema de las mónadas no tiene mucha fuerza. Ahora diré que su mayor apoyo es el gran principio de la *razon suficiente*, del que saben servirse con tanta habilidad, que por medio de él pueden demostrar todo lo que les conviene, y destruir todo lo que se opone á sus opiniones. El descubrimiento mas feliz que se ha hecho, y del qual somos deudores á los Filósofos modernos, es que *nada puede existir sin una razon suficiente.*

Para entender bien este principio no hay mas que considerar, que en todo lo que se presenta se puede siempre preguntar, ¿*por qué* la cosa es así? La respuesta es lo que llaman *razon suficiente*, suponiendo que responda efectivamente á la qüestion hecha. Donde

quiera que tiene lugar el *por qué*, hay la posibilidad de una respuesta satisfactoria, que por consiguiente contendrá la *razon suficiente*.

No parece que este sea un misterio no descubierto hasta nuestros dias. En todos los tiempos los hombres han preguntado *por qué*; prueba cierta de que conocian que todas las cosas deben tener la razon suficiente de su existencia. Este principio, de que *nada hay sin causa*, fue bien conocido de los Filósofos antiguos; mas por desgracia esta causa se nos oculta de ordinario. Preguntaremos enhorabuena *por qué*; nadie nos indicará la razon. No hay duda en que todo tiene su causa; pero no por eso estamos mas adelantados: y mientras permanece desconocida, no somos mas sabios que ántes.

Acaso pensará V. A. que los Filosofos modernos, que tanto se alaban del principio de la *razon suficiente*, han descubierto la causa de todo, y se hallan en estado de responder a todos los *por qués*, que se les pueden preguntar; lo que sin duda sería el mas alto grado de nuestros conocimientos, pero en esta parte son tan ignorantes como todos los demas. Todo su merito consiste en que creen haber demostrado que siempre que se puede preguntar *por qué*, debe haber una respuesta suficiente, aunque no la sepamos.

No niegan que los antiguos tenian co-

nocimiento de este principio; pero era de un modo muy obscuro; en lugar que ellos dicen haberle dado toda su claridad, y demostrado su verdad; por cuya razon sacan mas provecho de él, y pueden probar que los cuerpos estan compuestos de mónadas.

Los cuerpos, *dicen*, deben tener en alguna parte su *razon suficiente*, pero esta no tendrá lugar si fueran divisibles al infinito; y de aquí infieren con un ayre enteramente filosófico, que *siendo así que todo debe tener su razon suficiente, es menester absolutamente que todos los cuerpos esten compuestos de mónadas. Que es lo que se habia de demostrar*. He aquí ciertamente una demostracion sin réplica.

Sería de desear que un raciocinio tan ligero pudiera aclararnos las qüestiones de esta importancia; pero yo confieso que no lo entiendo. Hablan de la razon suficiente de los cuerpos, con la qual quieren responder á cierto *por qué*, que no explican. Antes de responder á una qüestion, es menester conocerla y exâminarla bien; pero aquí se da la respuesta ántes de haber formado la qüestion.

Si se pregunta ¿por qué los cuerpos existen? será muy ridículo, á mi parecer, responder porque estan compuestos de mónadas; como si estas contuvieran la causa de su existencia. Las mónadas no son las que han criado los cuerpos; y quando yo pregunto, ¿por que existe tal sér? no veo otra respuesta que decir, porque el criador

le ha dado la existencia: y en quanto al modo como se hizo la creacion, creo que los Filosofos deben reconocer paladinamente su ignorancia.

Pero ellos sostienen que Dios no hubiera podido producir los cuerpos, sin haber criado las monadas que debian componerlos. Esto supone claramente que los cuerpos estan compuestos de monadas, que es lo que querian probar por el raciocinio; y V. A. sabe muy bien que no se debe suponer la verdad de una cosa que se quiere probar. Esta es una supercheria conocida en la Logica con el nombre de *peticion de principio.* = A 16 de Mayo de 1761.

CARTA 134.

Otro argumento de los partidarios de las mónadas, sacado del principio de la razon suficiente; y sobre los absurdos que de el dimanan necesariamente.

Los partidarios de las mónadas fundan tambien un grande argumento en el principio de la razon suficiente, diciendo que ni

aun podrian comprehender la posibilidad de los cuerpos si fuesen divisibles al infinito, pues nunca encontrarian en que se detuviera la imaginacion, de suerte que necesitan algunas ultimas particulas o elementos para explicar la formacion de los cuerpos.

Seria demasiado orgullo querer comprehender la posibilidad de todo lo que existe. Nada mas comun entre estos Filosofos que este raciocinio: yo no puedo comprehender la posibilidad de esta cosa, si no es tal como yo la imagino; luego necesariamente ha de ser tal.

V. A. conoce claramente lo frívolo de este modo de raciocinar, y que para descubrir la verdad son menester indagaciones mas profundas. Nuestra ignorancia no será nunca un argumento que nos guie al conocimiento de la verdad; y este se funda en la ignorancia de los otros modos que pueden hacer posible la cosa.

Supongamos ahora que no exista nada sino aquello cuya posibilidad pueden comprehender: ¿podrán con eso explicar como los cuerpos estan compuestos de monadas? No teniendo estas ninguna extension, deben ser consideradas como puntos en la Geometria, o como nos representamos los espiritus. Se sabe que muchos puntos geometricos, por grande que sea su numero, no produciran una linea, y mucho menos una superficie ni un cuerpo. Si bastaran mil puntos para cons-

tituir la milésima parte de una pulgada, deberia cada uno tener tal extension, que tomada mil veces, fuese igual á la milesima parte de una pulgada. Finalmente, es una verdad sin contradicion, que tantos puntos como se quieran no producirán jamas extension. Habló aqui de los puntos del modo que se conciben en Geometría, sin longitud, latitud ni profundidad, y que baxo este aspecto son absolutamente nada.

Asi es que estos Filósofos convienen en que la extension no puede ser producida por puntos geométricos, y protestan solemnemente que no se han de confundir sus mónadas con estos puntos. Ellas dicen no tienen mas extension que los puntos, pero estan revestidas de qualidades admirables; como de representarse el mundo entero por as, bien que sumamente obscuras; y estas qualidades las hacen á propósito para producir el fenómeno de la extension, o mas bien esta extension aparente de que ántes hablé. Debemos pues formarnos, de las mónadas, la misma idea que de los espíritus y de las almas, con la diferencia de que las facultades de las monadas son mucho mas imperfectas.

La dificultad me parece ahora mucho mayor, y me lisonjeó de que V. A. pensará, como yo, que dos ó mas espíritus no podrán juntos formar una extension. Varios espíritus podrán formar una junta, un consejo,

pero no una extension. Si hacemos abstraccion del cuerpo de cada consejero, el qual no contribuye á las deliberaciones, un consejo será una junta de espíritus o de almas: pero esta junta no podrá representar una extension. De esto se sigue que las mónadas son todavía ménos á propósito para producir una extension que los puntos geométricos.

Por eso es que los partidarios de este sistema no estan de acuerdo en este punto. Los unos dicen que las mónadas son partes actuales de los cuerpos; y que despues de haber dividido un cuerpo tanto como es posible, se llega entonces á las mónadas que lo constituyen. Otros niegan que las mónadas puedan ser miradas como partes y entes constitutivos de los cuerpos, y dicen que solo contienen la *razon suficiente*: miéntras el cuerpo se mueve las mónadas se estan quietas, pero contienen la razon suficiente del movimiento. En fin, las mónadas no pueden tocarse unas á otras; de manera que quando mi mano toca un cuerpo, ninguna monada de mi mano toca á ninguna monada del cuerpo.

¿Que es pues, preguntará V. A., lo que entonces se toca, si no son las monadas, que componen la realidad de la mano y del cuerpo? A esto se responde, que lo que se toca son dos *nadas*; o por mejor decir, se niega que haya contacto real, y se dice que esto es una ilusion destituida de fundamento. A es-

te mismo se ven obligados, respecto de todos los cuerpos, los que segun estos Filosofos no son mas que fantasmas que nuestro espíritu se forma, representándose muy confusamente las mónadas, que contienen la razon suficiente de todo lo que llamamos cuerpo.

En esta Filosofia todo es espiritu, fantasma é ilusion; y quando no podemos comprehender estos misterios, es porque nuestra estupidez nos tiene atados á las nociones groseras del vulgo.

Lo mas singular de todo ello es, que estos Filósofos con el designio de profundizar y explicar la naturaleza de los cuerpos y de la extension, han venido á parar en negar su existencia. Este es sin duda el medio mas seguro de salir bien de la explicacion de los fenomenos de la naturaleza: no hay mas que negarlos, y alegar en prueba el principio de la *razon suficiente.* Tales son las extravagancias á que son capaces de entregarse los Filósofos, primero que confesar su ignorancia. A 19 de Mayo de 1761.

CARTA 135.

Reflexiones mas extensas sobre el sistema de las mónadas.

Sería ciertamente una lástima que este ingenioso sistema de las *mónadas* cayese en tierra. Ha metido tanto ruido, y ha costado á sus partidarios tantas sublimes y profundas especulaciones, que no es posible olvidarlo enteramente; y siempre será un monumento notable de la extravagancia en que puede caer el espíritu de los Filosofos. Por tanto es acreedor á que V. A. tenga de él una descripcion circunstanciada.

Es menester desterrar de nuestro entendimiento todo lo que es corporal, toda extension, todo movimiento, todo tiempo y espacio, pues todo ello no es mas que ilusion. En el mundo no existen mas que *mónadas*, cuyo numero debe de ser prodigioso. Ninguna monada se halla ligada con las demas; y esta demostrado, por el principio de la razon suficiente, que las monadas no pueden de ningun modo obrar unas en

otras. Aunque revestidas de fuerzas, no obran sino en ellas mismas, sin tener la menor influencia fuera de sí.

Estas fuerzas de que cada mónada está dotada, procuran mudar continuamente su propio estado, y consisten en la representacion de todas las demas monadas. Mi alma, por exemplo, es una mónada, y contiene en sí las ideas del estado de todas las demas mónadas.. Estas ideas son casi todas muy obscuras; pero las fuerzas de mi alma estan continuamente empleadas en aclararlas mas y mas. Las demas monadas son en esta parte bastante semejantes a mi alma: cada una esta llena de una cantidad prodigiosa de ideas obscuras de todas las demas monadas y del estado de ellas; y trabaja continuamente, con mas o ménos exito, en desentrañar estas ideas, y ponerlas en mas alto grado de claridad.

Las monadas que lo han conseguido mejor que yo, son espiritus mas perfectos; pero la mayor parte se hallan estancadas en la mayor obscuridad de sus ideas; y quando son el objeto de las ideas de mi alma, ocasionan en ella la idea ilusoria y quimerica de la extension y de los cuerpos. Todas las veces que mi alma piensa en cuerpos o en movimiento, es prueba de que gran cantidad de otras monadas esta todavia sepultada en su obscuridad; y asi tambien quando yo pienso en ellas, mi alma se forma la idea de alguna extension,

que no es por consiguiente mas que una mera ilusion.

Quantas mas mónadas hay sumidas en el abismo de la obscuridad de sus ideas, tanto mas deslumbrada esta mi alma por la idea de las extension; pero al paso que van aclarando sus ideas obscuras, me parece que se disminuye la extension, lo que ocasiona en mi alma la idea ilusoria del movimiento.

Tal vez preguntará V. A. ¿como mi alma percibe que las demas monadas consiguen aclarar sus ideas obscuras, en el supuesto de no haber enlace ni relacion entre mí y ellas? Los partidarios del sistema de las monadas responden que esto sucede por la perfecta armonía que el Criador (que tambien es una monada) ha establecido entre las monadas, en virtud de la qual cada una echa de ver en sí misma, como en un espejo, todos los progresos que hay en las otras, sin ningun enlace entre ellas.

Tambien se pudiera esperar que todas las monadas lograsen aclarar sus ideas obscuras, y entónces perderiamos todas las ideas del cuerpo y de movimiento, y cesaria enteramente la ilusion que únicamente proviene de la obscuridad de las ideas.

Pero nunca se logrará que lleguen á este estado feliz: la mayor parte de las monadas, aunque lleguen á aclarar sus ideas obscuras, vuelven a caer en ellas de improviso. Quando estoy encerrado en mi aposento percibo

una corta extension, porque varias mónadas han aclarado sus ideas; pero luego que salgo, y que contemplo la inmensa extension del Cielo, es preciso que todas hayan vuelto á su estado de entorpecimiento.

No hay mudanza de lugar ni de movimiento: todo eso no es mas que ilusion: mi alma permanece casi siempre en un mismo parage, y lo mismo hacen las demas monadas. Quando mi alma empieza a aclarar algunas ideas, que ántes eran obscuras, entónces me parece que me acerco al objeto que me representan, o mas bien al que las monadas de esta idea excitan en mi, y esta es la verdadera explicacion del fenomeno quando nos parece que nos acercamos a ciertos objetos.

Sucede con frecuencia el perderse de nuevo la claridad adquirida, en cuyo caso nos parece que nos alejamos del mismo objeto. Aqui pues ha de buscarse el verdadero desenlace de nuestros viages. Mi idea de la ciudad de Magdebourgo, por exemplo, es ocasionada por ciertas monadas, de que actualmente no tengo sino ideas obscuras: por esta razon me parece que estoy lejos de Magdebourgo. El año pasado se me aclararon de improviso estas ideas, y entonces creí que viajaba a Magdebourgo, y que estuve allí algunos dias. Sin embargo este viage no fue mas que una ilusion, porque mi alma no se menea de su sitio. Tambien es una ilusion

quando V. A. se imagina estar ausente de Berlin; pues la representacion confusa de ciertas mónadas excita una idea obscura de Berlin, y no tiene V. A. mas que aclararla, y se halla al punto en Berlin. No es menester mas que eso. Todo esto que llamamos viages, y que cuesta no poco dinero, no es mas que una ilusion. Tal es el verdadero plan del *sistema de las mónadas.*

V. A. me preguntará si es posible que haya gentes que estando en su sano juicio, defiendan seriamente estas extravagancias. Yo respondo que hay muchísimas: que conozco bastantes; y que las hay en Berlin, y tal vez tambien en Magdebourgo. = A 23 de Mayo de 1761.

CARTA 136.

Continuacion.

El sistema de las mónadas, segun lo acabo de describir, es una consecuencia necesaria del principio de que los cuerpos estan compuestos de seres simples. Admitiendo este principio, es forzoso reconocer la legitimi-

dad de las demas consecuencias que dependen de él tan naturalmente, que no se puede desechar ninguna, por absurda y repugnante que sea.

Siendo monadas sin extension los séres simples que han de componer los cuerpos, no la tendrán tampoco sus compuestos ó los cuerpos, y todas estas extensiones se cambian en ilusiones ó quimeras; pues es cierto que unas partes sin extension no podrian producir una extension real, y todo lo mas será una apariencia ó un fantasma, que nos deslumbra con una idea falaz de extension. Finalmente, todo se vuelve ilusion, y en ella está fundado el sistema de la armonía preestablecida, cuyas malas consecuencias tengo manifestadas à V. A.

Es pues menester estar alerta para no dexarse arrastrar á este laberinto de absurdos. En dando el primer paso, no se encuentra salida. Todo depende de las primeras ideas que se forman de la extension; y el modo como procuran fundarla los partidarios del sistema de las monadas, es sumamente capcioso.

Estos Filósofos no gustan de hablar de la extension de los cuerpos, previendo que les sería muy perjudicial en lo sucesivo, y así en lugar de decir que los cuerpos son extensos, les llaman seres compuestos, lo que no se les puede negar, pues la extension supone necesariamente la divisibilidad, y por

consiguiente un conjunto de partes que constituyen los cuerpos. Pero pronto abusan de esta nocion de un ser compuesto, diciendo que un sér no puede ser compuesto si no lo es de seres simples; de donde infieren que todo cuerpo esta compuesto de séres simples. Luego que se les concede esta conclusion, se halla uno cogido, sin poder retroceder, y en la precision de confesar, que no siendo compuestos estos seres simples, no son extensos.

Este argumento capcioso obliga á concederles todo lo que quieren. Admitida la proposicion de que los cuerpos estan compuestos de seres simples, esto es, de partes no extensas, se vé uno enredado. Es pues menester rebatir este argumento: *que todo sér compuesto lo es de séres simples*; y aun quando no se pudiera probar directamente su falsedad, bastarian las consequencias absurdas que de el se derivan para echarlo por tierra.

En efecto, despues de convenir en que los cuerpos son extensos, infieren de ello los Monadistas que son seres compuestos; y asi que han deducido de aqui que los cuerpos estan compuestos de seres simples, se ven obligados a confesar que los seres simples no pueden producir una verdadera extension, y por consiguiente la ilusion de los cuerpos no es mas que ilusion.

Un argumento, cuya conclusion es directamente contraria a las premisas, es muy

extraño. Este raciocinio empieza sentando que los cuerpos son extensos; porque si no lo fuesen, no podrian saber que son séres compuestos; y despues la conclusion es que no lo son. No hay argumento falso que haya sido mejor refutado que éste: la qüestion era, *¿por qué los cuerpos son extensos?* y despues de algunos rodeos, responden, porque no son extensos. Si me preguntasen, ¿por qué un triángulo tiene tres lados? y yo respondiese que esto no era mas que una ilusion, ¿contentaria mi respuesta?

La proposicion de que todo sér compuesto lo es necesariamente de seres simples, está en falso por mas fundada que parezca á los partidarios de las mónadas, quienes pretenden colocarla entre los axiomas ó principios primeros de nuestros conocimientos. El absurdo á que induce inmediatamente, basta para destruirla, aun quando no hubiese otras razones para dudar.

Como un ser compuesto significa en este caso lo mismo que un sér extenso, todo se reduce a decir: todo ser extenso está compuesto de seres que no son extensos; y esta es cabalmente la qüestion. Se pregunta si dividiendo un cuerpo, se llega al fin á partes que no admitan division por falta de extension; o si nunca se llega a partículas tales, que la divisibilidad sea sin límites.

Para resolver esta qüestion importante suponen gratuitamente que cada cuerpo está

compuesto de partes sin extension, y se valen de algunos argumentos especiosos, sacados del famoso principio de la razon suficiente, diciendo que un sér compuesto no puede tener su razon suficiente, sino en los seres simples que lo componen: lo que pudiera ser verdad, si el ser compuesto lo fuese efectivamente de séres simples, objeto de la disputa; y luego que se niega esta composicion, no tiene lugar la razon suficiente.

Pero es muy peligroso el disputar con estas gentes que creen en las mónadas, porque, ademas de no sacar nada, gritan altamente que atacan al principio de la razon suficiente, basa de toda evidencia, y aun de la existencia de Dios. Segun ellos, quien no admite las mónadas, ni hace caso del magnífico edificio en que todo es ilusion, es un incrédulo, y aun un ateista. Estoy cierto de que esta imputacion frívola no hará la mas leve impresion en el animo de V. A.; y que estas extravagancias, á que se entregan los que adoptan el sistema de las mónadas, le parecerán tales, que no necesitan mas refutacion; pues su fundamento se reduce á un miserable abuso del principio de la razon suficiente. = A 26 de Mayo de 1761.

CARTA 137.

Fin de las reflexiones sobre el sistema de las mónadas.

Es preciso reconocer la divisibilidad de los cuerpos al infinito, ó admitir el sistema de las monadas con todas sus extravagancias: esta alternativa suministra á los partidarios de este sistema un terrible argumento para sostener su causa; diciendo que admitida la divisibilidad al infinito, es forzoso conceder á los cuerpos una qualidad infinita, siendo cierto que solo Dios es infinito.

Los partidarios del sistema de las mónadas son gentes muy temibles: ellos nos acusan de ateismo, y ahora nos dan en rostro con el politeismo, imputandonos el atribuir á cada cuerpo perfecciones infinitas; de manera que seriamos peores que los paganos, quienes no adoraban mas que algunos idolos, pues honrariamos á todos los cuerpos como si fueran divinidades. Esta acusacion seria sin duda terrible si tuviese fundamento; y yo preferiria abrazar el sis-

tema de las mónadas con todas las chimeras é ilusiones que le pertenecen, primero que declararme por la divisibilidad al infinito, si fuese consiguiente semejante impiedad.

V. A. conocerá que acusar de ateismo é idolatría á sus adversarios, es un modo muy singular de disputar, ¿y dónde se nos ve atribuir á los cuerpos esta infinidad divina? ¿Son acaso infinitamente poderosos, sábios, buenos ó felices? Nada de eso: nosotros decimos sencillamente, que dividiendo un cuerpo, por mas que se continúe la division, siempre será preciso continuarla, sin que nunca se llegue á partículas indivisibles. Así puede decirse tambien que la divisibilidad de los cuerpos no tiene *límite*, y con esto no era necesario darle el nombre de *infinito*, que solo conviene á Dios.

Sin embargo, es de advertir que esta palabra *infinito* no es tan peligrosa como imaginan estos Filósofos. Decir, por exemplo, infinitamente malo, es muy contrario á las perfecciones de Dios.

Ellos convienen en que nuestras almas no tendrán fin, y de esta suerte reconocen en las almas una infinidad en la duracion, sin que esto se oponga á las perfecciones infinitas de Dios. Quando se les pregunta si la extension del mundo tiene límites, se ven muy indecisos. Algunos confiesan ingenuamente, que la extension del mundo pudiera ser infinita, sin que se puedan determinar

sus límites, por mas léjos que uno extienda sus ideas. Tenemos pues aqui una infinidad que estos Filósofos no tienen por heretica.

Pues mucho ménos debe escandalizarles la divisibilidad al infinito. Ser una cosa divisible al infinito, no es seguramente un atributo que a nadie le haya ocurrido reconocer en el Ser supremo; ni añade á los cuerpos un grado de perf ccion, que no se alejaria mucho de la que estos Filosofos les conceden, componiendolos de *monadas*, las que, segun ellos, son unos seres dotados de tan eminentes qualidades, que no han tenido reparo en dar a Dios el nombre de *mónada*.

La idea de una division que puede continuarse sin limites es tan opuesta al carácter de la divinidad, que, al contrario, pone los cuerpos en una clase muy inferior á la que ocupan los espíritus y nuestras almas; pues se puede decir que un alma, en su esencia, vale infinitamente mas que todos los cuerpos del mundo. No es así en el sistema de las monadas: cada cuerpo, aun el mas vil, está compuesto de gran número de mónadas, cuya naturaleza es muy semejante á la de nuestras almas. Cada monada se representa el mundo entero tan facilmente como nuestras almas; pero, *dicen*, no tienen sino ideas obscuras, quando nosotros tenemos claras algunas, y a veces distintas.

¿Y quien les asegura esta diferencia? ¿No pudiera presumirse que las monadas que

componen la pluma con que estoy escribiendo, tuviesen ideas del mundo mucho mas claras que mi alma? Por donde estaré cierto de lo contrario? Yo deberia pues avergonzarme de servirme de una pluma para escribir mis rudos pensamientos, mientras las mónadas de que está compuesta, tienen tal vez otros mucho mas sublimes, y que satisfarian mejor á V. A., si esta pluma los pusiese sobre el papel en lugar de los mios.

No es esto necesario en el sistema de las mónadas: el alma se representa por su propia fuerza, todas las ideas de mi pluma; pero de un modo muy obscuro: todo lo que yo escribo aquí, no contribuye nada absolutamente á enseñar á V. A. Los partidarios de este sistema han demostrado que los séres simples no tienen la menor influencia unos en otros; y así el alma de V. A. saca de su propio fondo todo lo que tengo el honor de exponerle, sin que yo tenga parte en ello.

Las conversaciones, la lectura, la escritura no son mas que formalidades quiméricas y engañosas, que la ilusion nos hace mirar como medios propios para adelantar nuestros conocimientos. Pero ya hablé á V. A. en otra parte de las admirables consecuencias del sistema de la armonía preestablecida, y temo le lleguen á cansar estos dislates, no obstante que muchas gentes ilustradas miran este sistema como una obra maestra del entendimiento humano, y no piensan en él sino con gran respeto.

Me lisonjeo de haber preparado suficientemente el ánimo de V. A. contra estas extravagancias, por mejor apariencia que tengan. Sin embargo, me pesaria mucho que V. A. concibiese mala opinion de una gran parte de los Filosofos de nuestros dias. La mayor parte de ellos estan muy inocentes; solo que permanecen adictos al primer sistema que les deslumbró, sin pensar en las extrañas consecuencias que de él se derivan. = A 30 de Mayo de 1761.

CARTA 138.

Resumen de los principales fenómenos de la electricidad.

La materia de que ahora voy á hablar á V. A. me llena casi de asombro. Su variedad es inmensa, y la enumeracion de los hechos nos deslumbra mas que nos ilumina. Quiero hablar de la electricidad, que de algun tiempo á esta parte ha llegado á ser un objeto tan importante en la Fisica, que casi no es permitido á nadie ignorar sus efectos.

V. A. habrá oido sin duda hablar de ella

muchas veces, bien que ignoro si ha visto los experimentos. Los Fisicos del dia hablan de ellos con sumo ahinco; y cada dia se descubren nuevos fenomenos, cuya descripcion daria materia para muchos centenares de cartas, y acaso no acabaria nunca. En esto estriba mi dificultad, pues por una parte no quisiera que V. A. ignorase un ramo tan esencial de la Fisica; y por otra quisiera evitar á V. A. el fastidio de la descripcion difusa de los fenomenos, y mas quando no subministraria las luces que V. A. apetecerá. A pesar de eso, me lisonjeo de haber encontrado una senda que guiará a V. A. á entender esta materia, y a adquirir un conocimiento de ella mas perfecto, que tienen la mayor parte de los Fisicos que trabajan dia y noche en escudriñar estos misterios de la naturaleza.

Sin detenerme en la exposicion de los diferentes fenómenos y efectos de la electricidad, lo que daria motivo á una explicacion tan larga como difusa, sin que por eso adelantasemos nada en el conocimiento de las causas que producen estos efectos, seguiré un camino enteramente opuesto, y explicare desde luego a V. A. el verdadero principio de la naturaleza, en que estan fundados todos estos fenomenos, y del que es muy fácil deducirlos todos.

Nos bastará pues observar que se excita la electricidad frotando un tubo de vidrio

Por este medio se pone eléctrico: entónces atrae y repele los cuerpecillos ligeros que se le presentan; y si se le acercan otros cuerpos, se ven salir de ellos chispas ó centellitas, las que si llegan á ser mas fuertes, encienden el espíritu de vino ú otras materias combustibles. Si tocamos este tubo con el dedo, ademas de ver la centellita sentiremos una picadura, que en ciertas circunstancias es bastante viva, y puede ocasionar una conmocion en todo el cuerpo.

En lugar del tubo de vidrio, se usa tambien de un globo de la misma materia, dándole vueltas al rededor de su exe, al modo de lo que se ve en un torno Mientras se mueve se pone sobre él la mano para frotarlo, ó se emplea para ello un coginete colocado junto á él: de esta manera el globo se pone electrico, y produce los mismos efectos que el tubo.

Ademas del vidrio hay otros cuerpos que tienen la propiedad de ponerse eléctricos por medio de la frotacion; tales son los cuerpos resinosos como el lacre y el azufre. Generalmente hay ciertas especies de cuerpos, que por medio de la frotacion se ponen electricos: los principales de estos son el vidrio, el lacre y el azufre.

Hay otros cuerpos que por mas que se les frote, no dan señal ninguna de electricidad; pero si se les acerca á los primeros, que ya estan eléctricos, adquieren al punto la mis-

ma propiedad. Estos pues se ponen eléctricos *por comunicacion*: el contacto, y á veces la cercanía á los cuerpos electricos, los pone tales.

Considerados los cuerpos baxo este aspecto se dividen en dos clases: primera, la de los cuerpos que se ponen electricos por frotacion: segunda, la de los que se ponen electricos por comunicacion. Es muy notable que los cuerpos de la segunda clase no se ponen electricos por frotacion; y al contrario, los de la primera, que se ponen eléctricos por frotacion, no reciben la electricidad por comunicacion; de manera que si á un tubo o globo de vidrio bien electrizado se presentan otros vidrios ó qualesquiera cuerpos de los que se ponen electricos por frotacion, no les comunica este contacto ninguna electricidad. Esta distincion merece pues tenerse presente.

Todos los metales pertenecen á la segunda clase de cuerpos, que reciben la electricidad por comunicacion, y esta se extiende tanto, que si se presenta el extremo de un alambre á un cuerpo electrico, se pone tambien electrico el otro extremo, por largo que sea el alambre, y si á este extremo del alambre se pone otro, la electricidad se comunica por todo lo largo de el, de suerte que por este medio se puede transmitir la electricidad a las mayores distancias.

El agua es una materia que recibe la

electricidad por comunicacion. Estanques enteros se han electrizado de tal modo, que acercando un dedo se veian salir centellitas y se sentia algun dolor.

En el dia se sabe que los relámpagos y rayos son efectos de la electricidad que se halla en las nubes, sea qual fuere la causa. Una tempestad nos presenta en grande los mismos fenómenos de electricidad, que los Físicos en pequeño con sus experimentos. = A 20 de Junio de 1761.

CARTA 139.

Del principio verdadero de la naturaleza, en que se fundan todos los fenómenos de la electricidad.

El compendio de los principales fenómenos de la electricidad, que ha visto V. A. en mi anterior, habrá sin duda alguna excitado la curiosidad de V. A. y deseará conocer las fuerzas ocultas de la naturaleza capaces de producir efectos tan maravillosos.

En este punto, la mayor parte de los Físicos confiesan su ignorancia. Deslumbrados con la infinita variedad de fenómenos que

todos los dias descubren, y con las circunstancias singulares que los acompañan, parece que no se atreven á indagar la verdadera causa. Bien conocen que una materia sutil, á que llaman *materia* o *fluido eléctrico*, es el principal agente; pero se hallan tan vacilantes en determinar su naturaleza y propiedades, que este vasto ramo de la Física se complica mas cada dia.

No tiene duda que el orígen de todos los fenómenos eléctricos no se ha de buscar sino en cierta materia fluida y sutil, y así no tenemos necesidad de imaginarla; porque la materia sutil llamada *eter*, cuya realidad tengo probada (Carta 15), basta para explicar naturalmente todos los efectos singulares que nos presenta la electricidad. Yo espero que V. A. se impondrá tan bien en el asunto, que no habrá ningun fenómeno eléctrico, por extraordinario que parezca, que no pueda explicarlo (*a*).

Para ello no es menester mas que conocer bien la naturaleza del *eter*. El ayre que respiramos no llega mas que hasta cierta altura de la superficie de la tierra: quanto mas arriba, tanto mas sutil está, hasta que al fin se desvanece enteramente. No puede decirse que mas alla del ayre haya un vacio

(*a*) La explicacion que da el autor, fundada en la existencia del fluido, que llama *eter*, es propia de un sistema ingenioso. Despues dirémos lo que otros han pensado acerca del mismo asunto.

perfecto en el espacio inmenso que hay entre los cuerpos celestes. Los rayos de luz que salen de los cuerpos celestes hacia todas partes, nos prueban claramente que todos aquellos espacios estan llenos de una materia sutil.

Si los rayos de luz son emanaciones lanzadas de los cuerpos luminosos, como quieren algunos Filosofos, es preciso que todo el espacio de los cielos esté lleno de aquellos rayos, los que tambien los atravesarian con suma rapidéz; pues ya se acuerda V. A. de la prodigiosa velocidad con que los rayos del sol vienen hasta nosotros. En esta hipótesi no solamente no habria vacio, sino que todo el espacio estaria lleno de una materia sutil en una agitacion grandisima.

Yo creo haber probado que los rayos de luz no son emanaciones lanzadas de los cuerpos luminosos, del mismo modo que el sonido no lo es de los cuerpos sonoros. Mucho mas cierto parece que los rayos de luz son un estremecimiento o agitacion de una materia sutil, así como el sonido consiste en una agitacion semejante excitada en el ayre: y así como el sonido es producido y transmitido por el ayre, así la luz es producida y transmitida por una materia mucho mas sutil, llamada el *eter*, la que de consiguiente llena todo el espacio entre los cuerpos celestes.

El eter es pues un medio propio para dar rayos de luz, cuya qualidad nos facilita el

conocer mejor su naturaleza y propiedades. Para ello no hay mas que exâminar las propiedades del ayre que le hacen propio para excitar y transmitir el sonido, y verémos que la principal causa es su resorte ó elasticidad. Ya sabe V. A. que el ayre tiene fuerza para esparcirse hácia todas partes, como efectivamente lo hace en quitándola los obstáculos. El ayre no está en reposo, sino quando su elasticidad es igual en todas partes: luego que ésta se aumenta, el ayre se esparce al instante. Tambien nos manifiesta la experiencia que quanto mas comprimido está el ayre, mas se aumenta su elasticidad; de esto proviene la fuerza de las escopetas de viento, en las que encontrándose el ayre sumamente comprimido, es capaz de impeler la bala con gran velocidad. Lo contrario sucede quando el ayre se enrarece: su elasticidad es mas pequeña, quanto está mas enrarecido, ó esparcido en mayor espacio.

De la elasticidad del ayre relativamente á su densidad, depende pues la velocidad del sonido, que corre un espacio de unos 1200 pies en un segundo. Si la elasticidad del ayre fuese mayor siendo la misma su densidad, se aumentaria la velocidad del sonido: lo mismo sucediera, si permaneciendo sin variacion su elasticidad, fuera el ayre mas raro ó menos denso. En general, quanto mas elastico y menos denso es un medio qualquiera semejante al ayre, tanto mas rá-

pidamente se transmitirán las agitaciones excitadas en él. Sabiendo pues que la luz es transmitida con una velocidad tantas mil veces mayor que el sonido, es preciso que el *eter*, este medio cuyas vibraciones constituyen la luz, sea muchas mil veces mas elástico que el ayre, y al mismo tiempo mucho mas raro ó sutil; pues ámbas qualidades contribuyen á acelerar la propagacion de la luz.

Esta es la razon de suponer el eter muchas mil veces mas elástico y mas sutil que el ayre: su naturaleza es semejante á la del ayre, en quanto es una materia fluida, capaz de compresion y enrarecimiento. Esta qualidad nos dará la explicacion de todos los fenomenos de la electricidad. = A 23 de Junio de 1761.

CARTA 140.

Continuacion; y en particular de la diferente naturaleza de los cuerpos, respecto de la electricidad.

Siendo el eter una materia sutil y semejante al ayre, pero muchas mil veces mas

raro y elástico, no podrá estar en reposo, á ménos que su elasticidad o la fuerza con que procura dilatarse, sea igual en todas partes.

Luego que el eter esté mas elastico en un parage que en otro, lo que sucede quando esta mas comprimido, se esparcira comprimiendo el que haya mas inmediato, hasta que todo el tenga el mismo grado de elasticidad. Entonces se halla en equilibrio, pues éste no es otra cosa que el estado de reposo, quando se contrabalanzan las fuerzas que tiran a turbarlo.

Quando pues el eter está en equilibrio, debe en el suceder lo mismo que en el ayre quando su equilibrio se turba: esto es, correrá del parage donde es mayor su elasticidad hácia aquel donde es menor; pero este movimiento debe ser mucho mas rapido que el del ayre, en razon de la mayor elasticidad y sutileza. La falta de equilibrio en el ayre causa el viento, ó el movimiento de este fluido de un lugar á otro: del mismo modo quando falte el equilibrio en el eter habrá una especie de viento, bien que mucho mas sutil que el del ayre, y pasará aquel fluido de los parages en que estaba mas comprimido y mas elastico, a los lugares donde lo esté menos.

Esto supuesto, me atrevo á asegurar que todos los fenómenos de la electricidad, sea un efecto natural de la falta de equilibrio del eter; de manera que donde se aumenta el

equilibrio del eter, se verificarán los fenómenos de la electricidad. Por consiguiente la electricidad no es mas que una alteracion del equilibrio del eter.

Para aclarar todos los efectos de la electricidad, se ha de atender al modo como el eter está mezclado y envuelto con todos los cuerpos que nos rodean. El eter no se encuentra aquí abaxo, sino en los intersticios que hay entre las partículas del ayre y demas cuerpos. Es muy natural que el eter, por causa de su mucha sutileza y elasticidad, se insinúe en los poros mas pequeños de los cuerpos, donde el ayre no penetra, y aun en los mismos poros del ayre. V. A. tendrá presente que todos los cuerpos, por mas sólidos que parezcan, estan llenos de poros: son muchos los experimentos que prueban que estos intersticios ocupan mayor espacio que las partes solidas: finalmente, quanto menos pesa un cuerpo, tanto mas poros tendrá, que solo contienen eter. Es claro pues, que aunque el eter se encuentre esparcido de esta suerte en los mas pequeños poros de los cuerpos, ha de ser muy abundante cerca de la tierra.

Tambien se ve que ha de haber mucha diferencia entre estos poros, así en su tamaño como en su figura, segun la diferente naturaleza de los cuerpos, pues su diversidad depende probablemente de la de sus poros. Habrá pues poros mas cerrados, que

tengan ménos comunicacion con otros, de suerte que el eter contenido en ellos estará mas detenido, y se desprenderá con dificultad, no obstante que su elasticidad sea mucho mayor que la del eter que se halla en los poros vecinos. Tambien habrá otros poros bastante abiertos que tengan libre comunicacion con los poros cercanos: entónces el eter que se encuentra en ellos se desprenderá mas fácilmente que en el caso precedente; y si está mas ó ménos elástico que en los otros, pronto se pondrá en equilibrio.

Para distinguir estas dos especies de poros llamaré á los primeros *cerrados*, y á los otros *abiertos*. La mayor parte de los cuerpos tendrán poros de una especie media, y bastará distinguirlos con los términos de *mas ó ménos cerrados*, y de *mas ó ménos abiertos*.

Esto supuesto, se advierte desde luego que si todos los cuerpos tuvieran poros enteramente cerrados, no sería posible mudar la elasticidad del eter contenido en ellos: y aun quando el eter de algunos de estos poros adquiriese por una causa qualquiera mayor grado de elasticidad que en los otros, permaneceria siempre en este estado, y nunca se pondria en equilibrio, por estar privado de comunicacion. En este caso no resultaria ninguna mudanza en los cuerpos: todo permaneceria en el mismo esta-

do que si el eter estuviese en equilibrio, y no podria haber ningun fenomeno de electricidad.

Lo mismo sucediera si los poros de todos los cuerpos estuviesen enteramente abiertos; porque si el eter se hallase mas o ménos elástico en unos poros que en otros, se restableceria el equilibrio en un instante por causa de la libre comunicacion que habia; y esto se haria con tal rapidez, que no podriamos observar la menor mudanza. Por la misma razon fuera imposible alterar el equilibrio del eter contenido en estos poros: cada vez que el equilibrio faltase volveria al punto á restablecerse, y no se descubriria ninguna señal de electricidad.

Como los poros de los cuerpos no son ni cerrados del todo, ni enteramente abiertos, será siempre posible alterar el equilibrio del eter contenido en ellos; y quando esto sucede, por qualquiera causa que sea, no puede dexar de restablecerse el equilibrio, mas para ello es menester algun tiempo; lo que da lugar á ciertos fenómenos, que dentro de poco verá V. A. con gran satisfacion, que son los mismos que nos descubren los experimentos de la electricidad. De esta suerte se conocerá que los principios en que voy á fundar la teórica de la electricidad son muy sencillos, y no admiten duda alguna. = A 27 de Junio de 1761.

CARTA 141.

Sobre la misma materia.

Creo que tenemos ya vencidas las mayores dificultades que se encuentran en la teórica de la electricidad. No hay mas que fixarse en la idea del eter que acabo de exponer, y es aquella materia sumamente sutil y elástica esparcida no solamente en todos los espacios vacíos del mundo, sino en los menores poros de todos los cuerpos, en los que está mas ó menos detenida, segun son mas ó ménos cerrados. Esta consideracion nos lleva á distinguir dos especies principales de cuerpos: los unos tienen los poros mas cerrados, y los otros los tienen mas abiertos.

Si sucede pues que el eter contenido en los poros de los cuerpos no tiene en todas partes el mismo grado de elasticidad, y que en unos este mas comprimido que en otros, hará esfuerzos para ponerse en equilibrio: de esto se originan los fenomenos de la electricidad, cuya variedad dependerá de la diferencia de los poros en que está contenido

el eter, los quales le permitirán una comunicacion mas ó menos libre con los otros.

Esta diferencia de los poros de los cuerpos corresponde perfectamente á la que hemos observado entre los primeros fenómenos de la electricidad, pues vimos que unos cuerpos se ponen facilmente eléctricos por comunicacion, o por la cercania de un cuerpo electrizado, mientras otros no tienen ninguna mudanza. De esto deducirá V. A. que los cuerpos que reciben con mas facilidad la electricidad, por comunicacion, son aquellos que tienen abiertos los poros; y que los otros que son tan insensibles á la electricidad han de tenerlos cerrados, ó enteramente, o por la mayor parte.

De estos mismos fenomenos de la electricidad podremos pues inferir quáles son los cuerpos cuyos poros estan cerrados o abiertos. Sobre este particular dire á V. A. alguna cosa.

Primeramente, el ayre que respiramos tiene sus poros casi enteramente cerrados; de suerte que el eter contenido en ellos no podria salir sino con dificultad, y la misma encontrará para entrar. Asi pues, aunque el eter esparcido en el ayre no esté en equilibrio con el que se encuentra en otros cuerpos, en que está mas ó ménos comprimido, se restablece el equilibrio con mucha dificultad. Esto ha de entenderse del ayre seco, pues la humedad es de naturaleza entera-

mente diferente, como verémos mas adelante.

Despues de esto se han de colocar en esta clase de cuerpos de poros cerrados *el vidrio, la pez, los cuerpos resinosos, el ayre, el azufre y la seda.* Estas materias tienen los poros tan cerrados, que el eter no puede entrar ni salir sino con mucha dificultad.

La otra clase, cuyos poros están abiertos, comprehende primeramente el *agua y los demas líquidos*, cuya naturaleza es enteramente contraria á la del ayre: por eso quando el ayre se pone húmedo, muda enteramente de naturaleza respecto de la electricidad, y el eter puede entrar y salir sin dificultad. A esta clase de cuerpos de poros abiertos pertenecen los de los animales y todos los metales.

Los demas cuerpos, como las maderas, muchas piedras y tierras, ocupan un medio entre las dos especies principales de que he hecho mencion; y en ellos puede el eter entrar y salir con mas o menos dificultad, segun la naturaleza de cada especie.

En virtud de lo que va dicho acerca de la diversa naturaleza de los cuerpos respecto del eter que contienen, verá V. A. con satisfaccion cómo se derivan de ello naturalmente todos los fenomenos eléctricos que se tienen por prodigios.

Todo pues depende del estado del eter contenido en los poros de todos los cuerpos, en quanto no tiene el mismo grado de elas-

ticidad por todas partes, ó está en unos mas ó menos comprimido que en otros; porque no estando en equilibrio hará esfuerzos para ponerse en él, y se desprenderá, segun lo permita la naturaleza de los poros, de los parages donde está muy comprimido para esparcirse, y entrar en los poros donde haya ménos compresion, hasta que por todas partes tenga el mismo grado de compresion y elasticidad, y este por consiguiente en equilibrio.

Observemos ahora que quando el eter pasa de un cuerpo en que estaba muy comprimido, á otro en que lo está ménos, encuentra grandes obstáculos en el ayre entre los dos cuerpos, por causa de ser los poros de este fluido casi enteramente cerrados. Sin embargo, atraviesa el ayre como una materia líquida y muy sutil, con tal que su fuerza sea suficiente, o el intervalo entre los cuerpos no sea muy grande. En este paso el eter se encuentra oprimido y casi impedido por los poros del ayre; por lo que debe suceder lo mismo que en el ayre quando se le obliga á pasar velozmente por unos agujeros pequeños, oyéndose entónces un silvo que prueba la agitacion en que se halla este fluido.

Es pues muy natural que el eter, forzado á penetrar al traves de los poros del ayre, reciba tambien una especie de agitacion. V. A. tiene presente que así como

la agitacion del ayre produce el sonido, una agitacion semejante en el eter produce la luz: luego cada vez que el eter sale de un cuerpo para entrar en otro, su paso por el ayre irá acompañado de luz, la que á veces aparece en forma de una chispa, otras como un relámpago, segun es su cantidad.

Tenemos pues explicada con evidencia, por nuestros principios, la principal circunstancia de la mayor parte de los fenómenos eléctricos. Nos falta que ver particularmente varios efectos, que me suministraran materia sumamente agradable para algunas de las cartas siguientes. = A 30 de Junio de 1761.

CARTA 142.

De la electricidad positiva, y de la electricidad negativa. Explícase el fenómeno de la atraccion.

Por lo que acabo de decir es fácil de entender que un cuerpo se pondrá eléctrico, luego que el eter contenido en sus

poros esté mas ó ménos elástico que el que se halla en los cuerpos circunvecinos, lo qual sucede quando se ha introducido mayor cantidad de eter en los poros de dicho cuerpo, ó ha salido de él una parte del eter que contenia. En el primer caso el eter está muy comprimido, y por consiguiente mas elástico: en el segundo está mas raro y tiene ménos elasticidad. En ambos casos no está en equilibrio con el de fuera; y los esfuerzos que hace para volver al equilibrio, producen todos los fenómenos de la electricidad.

V. A ve pues que un cuerpo puede ponerse eléctrico de dos modos diferentes, segun que el eter contenido en sus poros, está mas ó ménos elástico que el de fuera. De aquí resultarán dos especies de electricidad: la una en que el eter se encuentra mas elástico ó mas comprimido, se llama *electricidad positiva*: la otra, en que el eter está ménos elástico ó mas enrarecido, se llama *electricidad negativa*. Los fenómenos de una y otra son poco mas ó ménos los mismos: no se nota mas que una corta diferencia, de que hablaré mas adelante.

Los cuerpos no estan naturalmente eléctricos, pues la elasticidad del eter tira á mantenerlo en equilibrio: siempre son menester operaciones violentas para turbar este equilibrio y poner eléctricos los cuerpos; y

es preciso que estas operaciones se hagan en cuerpos de poros cerrados, para que el equilibrio, una vez alterado, no se restablezca en el mismo instante. Así vemos que para excitar la electricidad se emplea el vidrio, el ámbar, el lacre o el azufre.

La operacion mas fácil y conocida de largo tiempo es frotar una barreta de lacre con un pedazo de lana, para ver el lacre atraer pedacitos de papel y otros cuerpos ligeros. El ámbar frotado presenta los mismos fenómenos; y como los antiguos le daban el nombre de *electrum*, de ahí viene que esta fuerza excitada por la frotacion, se llame en el dia *electricidad*. Desde los tiempos mas remotos se habia observado que el ámbar frotado atrae los cuerpos ligeros.

Este efecto proviene sin duda de que la frotacion turba el equilibrio del eter: es menester pues explicar ántes de todo este experimento tan conocido. El ámbar y el lacre tienen sus poros bastante cerrados, y los de la lana están bastante abiertos: durante la frotacion los poros de uno y otro se comprimen, y el eter contenido en ellos adquiere mayor elasticidad. Segun que los poros de la lana admiten mayor ó menor comprension que los del ámbar ó del lacre, pasará una porcion del eter de la lana al ámbar, o al reves, del ámbar a la lana. En el primer caso el ámbar se pone eléctrico *positivamente*, o *en mas*, y en el segundo *negativamente*, o *en*

ménos, y por razon de estar cerrados sus poros se conservará este estado por algun tiempo; en lugar que la lana, aunque haya experimentado semejante mudanza, vuelve pronto á su estado natural.

Los fenomenos que suministra el lacre electrizado prueban que su electricidad es *negativa* ó *en ménos*, y que una parte de su eter ha pasado á la lana durante la frotacion. De este modo comprenderá V. A. como una barreta de lacre se despoja por la frotacion sobre la lana de una parte del eter que contenia, y que por este medio debe ponerse electrico. Veamos ahora quales son los efectos que deben resultar, y si concuerdan con los que se observan.

Sea A B una barreta de lacre, á que se
Lám. 1. fig. 2. le ha quitado por la frotacion una parte del eter contenido en sus poros: el que queda estará menos comprimido, y tendrá menos fuerza para dilatarse, ó bien tendrá menos elasticidad que el que se encuentra en los otros cuerpos, y en el ayre que le rodea; y como los poros del ayre son todavía mas cerrados que los del lacre, no podrá el eter contenido en el ayre pasar al lacre para equilibrarse, ó á lo menos será menester para ello que pase algun tiempo.

Preséntese ahora á este lacre, un cuerpecillo muy ligero, como C, cuyos poros son abiertos: el eter contenido en ellos, encontrando libre salida, pues tiene mas faci-

za para dilatarse que la que le opone en C el eter encerrado en el lacre, se abrirá paso al través del ayre, con tal que la distancia no sea muy grande, y entrará en el lacre. Este paso encontrará bastante dificultad, porque los poros del lacre son bastante cerrados; y por consiguiente no irá acompañado de una vehemencia capaz de dar al eter tal movimiento de agitacion, que pueda excitar luz sensible: solamente se verá un debil resplandor en la obscuridad si la electricidad es bastante fuerte.

Al mismo tiempo se observará otro fenómeno no ménos notable, y es que el cuerpecillo C saltará hàcia el lacre, como si fuera atraido. Para explicar la causa de esto, se ha de considerar que el cuerpecillo C, en su estado natural, está comprimido igualmente de todos lados por el ayre que le rodea; pero como en el estado en que ahora se halla el eter sale y pasa al traves del ayre en la direccion *Cc*, es veidente que este ultimo fluido comprimirá ménos al cuerpecillo por este lado que por los otros, y la presion que obra hácia Cc vencerá, y lo impelerá hácia el lacre, del mismo modo que si fuera atraido.

Asi se explican de un modo inteligible las atracciones que se observan en los fenomenos de la electricidad. Esta es muy debil en este experimento, y no puede producir efectos mas maravillosos; pero mas adelante los veremos mas singulares.=A 4 de Julio de 1797.

CARTA 143.

Sobre la misma materia.

Tales fuéron los débiles principios de los fenómenos electricos, y solo de poco tiempo acá se han adelantado: lo primero que para ello se ha empleado es un tubo de vidrio semejante al que tienen los barometros, solo que es mas grueso o de mayor diametro, frotabanlo con la mano o con un pedazo de tela de lana, y así se observaban fenomenos electricos mas vigorosos.

Es facil de entender que al frotar un tubo de vidrio, una parte del eter debe pasar, en virtud de la compresion de los poros del vidrio y del cuerpo frotante, o de la mano al vidrio, o del vidrio a la mano, segun que los poros del uno o del otro de estos cuerpos sean mas susceptibles de compresion en la frotacion. Hecha esta operacion, el eter se pone luego en equilibrio en la mano por ser abiertos los poros de esta; pero siendo los del vidrio bastante cerrados, este fluido se conserva en

él en este estado, ya esté el vidrio mas cargado de él, ya esté despojado, y por consiguiente estará electrico y producirá fenómenos semejantes á los del lacre, pero mucho mas vigorosos, porque su electricidad es mayor, asi por causa del mayor diámetro del tubo, como por la naturaleza misma del vidrio.

Los experimentos nos dan á conocer que por este medio, el tubo de vidrio se carga de éter, en lugar que el lacre se despoja de el; no obstante, los fenomenos son con corta diferencia los mismos.

Es de observar que el tubo de vidrio conserva su electricidad mientras no está rodeado sino de ayre; porque los poros del vidrio y los del ayre son tan cerrados que no dan al éter una comunicacion bastante libre, para que el vidrio se despoje del que tiene mas que en su estado natural, y de consiguiente tiene mas elasticidad. Mas para que asi sea, es menester que el ayre esté muy seco; pues solo asi estan muy cerrados sus poros. Si esta humedo o cargado de vapores, los experimentos fallan, por mas que se frote el vidrio. La causa es manifiesta: el agua, que pone humedo el ayre, tiene sus poros muy abiertos, y recibe á cada instante el éter superabundante del vidrio, que de consiguiente vuelve a su estado natural. Estos experimentos no se logran pues, sino en un ayre muy seco: vea-

mos pues quáles son los fenómenos que producirá entonces un tubo de vidrio, despues de estar bien frotado.

Est. 1. fig. 3. Si se le presenta un cuerpecillo ligero C de poros abiertos como los panes de oro, el éter del tubo, estando mas elástico, no hará esfuerzos inútiles en D y E para descargarse y pasar á los poros del cuerpecillo C. Se abrirá paso al través del ayre, con tal que la distancia no sea muy grande; y aun se verá cierta luz entre el tubo y el cuerpo, causada por la agitacion del éter que pasa con dificultad del tubo al cuerpecillo. Si en lugar de este cuerpecillo se pone un dedo, se siente una picadura ocasionada por la entrada rápida del éter, y si se pone el rostro á cierta distancia se experimenta cierta agitacion del ayre, causada por el paso del éter. Estas circunstancias van tambien, á veces, acompañadas de cierto rechinamiento, producido sin duda por la agitacion del ayre, al atravesarlo el éter con tanta rapidéz.

En acordandose de que la agitacion del ayre causa el sonido, y el movimiento del éter produce luz, estan facilmente explicados estos fenomenos.

Volvamos á poner el cuerpecillo C cerca de nuestro tubo eléctrico: mientras el éter sale del tubo para entrar en los poros del cuerpo C, impelerá algo el ayre, el que por esta razon, no exercerá sobre este lado

del cuerpo, tanta presion como por las demas partes: sucederá pues como en el caso precedente, que el cuerpo C será impelido hácia el tubo, y, como es ligero, se acercará á él. Se ve pues que esta atraccion aparente se verifica igualmente, sea que el éter del tubo esté mas elástico, sea que lo esté menos que en su estado natural; ó sea que la electricidad del tubo sea positiva ó negativa. En ambos casos, el paso del éter detiene al ayre, y por su presion le impide obrar.

Mientras el cuerpecillo C se acerca al tubo, el paso del éter va creciendo, y el cuerpecillo se hallará muy pronto tan cargado de éter como el tubo mismo. Entonces la accion del éter, que solo provenia de su elasticidad, cesa enteramente, y el cuerpo C tendrá por todas partes igual presion. La atraccion cesará, y el cuerpo C se alejará del tubo, pues nada le detiene y su propia gravedad lo pone en movimiento. Luego que se aleja, como sus poros estan abiertos, el éter superfluo se esparce poco á poco en el ayre, y vuelve a su estado natural. Entonces se halla como al principio, y se le verá otra vez acercarse al tubo, de manera que parecerá alternativamente atraido y repelido: este juego durará hasta que el tubo haya perdido su electricidad, porque como á cada atraccion se descarga del tubo alguna porcion del éter supérfluo, ademas

del que se va insensiblemente por el ayre, pronto se pondrá en su estado natural y en su equilibrio, tanto mas quanto mas pequeño sea el tubo, y el cuerpecillo C mas ligero. Entonces cesarán todos los fenómenos de la electricidad. A 7 de Julio de 1761.

CARTA 144.

De la atmósfera eléctrica.

Se me olvidaba hablar de una circunstancia esencial que acompaña á todos los cuerpos eléctricos *positiva* ó *negativamente*, y que nos aclara mucho la explicacion de los fenomenos de la electricidad.

Aunque es cierto que los poros del ayre son muy cerrados y no permiten casi ninguna comunicacion al éter contenido en ellos con el de las cercanías, no obstante padece alguna mudanza en la inmediacion de un cuerpo electrico.

Est. 1. fig. 4. Consideremos primero un cuerpo eléctrico en *menos* ó *negativamente* como una barreta de lacre A B, que por medio de la frotacion haya sido despojado de una parte

del éter contenido en sus poros; de suerte que el que se halla en ellos al presente tiene menos elasticidad que el de los demas cuerpos, y por consiguiente que el del ayre que circunda al lacre. . . . ¿Qué sucederá? El éter contenido en las partículas del ayre que tocan inmediatamente al lacre como en *m*, teniendo mayor elasticidad, se descargará algo, aunque poco, en los poros del ayre mas distantes como en *n*, dexarán pasar alguna parte de su éter a los mas cercanos de *m*, y asi en adelante hasta cierta distancia, donde ya no experimentará el ayre ninguna mudanza. De este modo, el ayre que circunda al lacre, hasta cierta distancia estará despojado de parte de su éter, y estara tambien eléctrico.

Esta porcion de ayre que está al rededor del lacre o del cuerpo eléctrico y participa de su electricidad, se llama *atmosfera eléctrica*; y por lo que acabo de decir se ve que todo cuerpo eléctrico debe estar rodeado de una atmosfera: porque si el cuerpo está eléctrico *en mas*, ó tiene una electricidad positiva, de manera que el eter se halle en él muy abundante, estará mas comprimido y por consiguiente mas elastico, como sucede en un tubo de vidrio quando ha sido frotado. Este eter mas elástico se descarga un poco en las partículas que le tocan inmediatamente, y de aqui pasa a otras partículas hasta cierta distancia: lo que

tambien formará una atmósfera eléctrica al rededor del tubo en que el éter esté mas comprimido, y por consiguiente mas elástico.

Es evidente que esta atmósfera que circunda á los cuerpos, les irá desminuyendo poco a poco la electricidad; porque en el primer paso, está continuamente pasando un poco de éter del ayre circunvecino al cuerpo electrico; y en el segundo, sale de este para pasar al ayre. Esta es la causa de que los cuerpos eléctricos pierden al fin su electricidad, tanto mas pronto quanto mas abiertos estan los poros del ayre. En el ayre húmedo, en que los poros estan muy abiertos, se extingue la electricidad casi en un instante; pero en un ayre muy seco, se conserva por largo tiempo.

Esta atmósfera eléctrica se percibe facilmente, acercando el rostro á un cuerpo electrico; pues se siente como una tela de araña, que es la sensacion del paso ligero del éter, del rostro á un cuerpo electrico, ó al reves de este al rostro, segun que es negativa ó positiva, como suele decirse.

La atmósfera electrica explica tambien aquella alternativa de atraccion y repulsion de los cuerpos ligeros que se encuentran al rededor del cuerpo eléctrico, y de que he hablado en mi carta anterior, en donde habra notado V. A. que la explicacion que he dado de ella, es imperfecta. La atmosfera eléctrica suplirá esta falta.

Sea A B un tubo de vidrio eléctrico en que el eter está comprimido, y sea C un cuerpecillo ligero de poros abiertos, en su estado natural. Supongamos que la atmósfera se extiende hasta la distancia D E. Una vez que en las cercanías de C hay un éter mas elástico, se descargará en los poros del cuerpo C, y al punto saldrá del tubo mas éter, que pasará de D á C, siendo la atmósfera la que principalmente facilitará este paso: porque si el éter contenido en el ayre no tuviera ninguna comunicacion con el del tubo, el corpúsculo C no experimentaria nada en la cercanía del tubo; pero mientras el éter pasa de D á C, la presion del ayre entre C y D se disminuirá, y no estando el cuerpecillo C igualmente comprimido por todas partes, será impelido hácia D, como si fuera atraido. Al paso que se acerque, se irá cargando de éter, y se pondrá eléctrico como el tubo, por lo que la electricidad de este no obrará mas en el. Fig. 4

Hallándose ya el corpúsculo en D, mas cargado de éter, mas que el ayre en E, el éter tirará á pasar á E. La atmósfera, en que la compresion del éter va en disminucion de D hasta E, facilitará este paso, y el éter supérfluo correrá efectivamente del cuerpecillo hácia E. Entonces la presion del ayre sobre el cuerpecillo será menor por aquella parte, que por cualquiera otra, y por consiguiente el corpúsculo será impe-

lido hácia D, como si el tubo lo impeliera. Pero luego que llega á E, se descarga de su eter supérfluo, y vuelve á su estado natural, en cuyo caso será atrahido otra vez hácia el tubo, y en llegando a él, será repelido como lo acabo de explicar. La atmósfera electrica es pues la que principalmente produce estos fenómenos singulares, en que vemos que los cuerpos eléctricos atraen y repelen alternativamente los cuerpeci los ligeros, como un pedacito de papel, ó de metal, con los quales se logran mejor estos experimentos, porque estas materias tienen los poros muy abiertos.

Es facil de ver que lo que he dicho acerca de la electricidad positiva, se verifica igualmente en la negativa; y solo hay que atender á que el paso del éter es al contrario, pero la presion natural del ayre se disminuye del mismo modo. = A 11 de Julio de 1761.

CARTA 145.

De la comunicacion de la electricidad á una barra de hierro, por medio de un globo de vidrio.

Despues de haber empleado los tubos

de vidrio, para hacer estos experimentos, se pensó en dar mas fuerza á la electricidad valiéndose de un globo ó de una bola de vidrio que diese vueltas al rededor de un exe, A B, y poniendo sobre ella la mano, ó aplicándola un coginete C de una materia de poros abiertos, para frotar la bola, por cuyo medio se pone electrica toda ella. Este globo se mueve por medio de un mecanismo semejante al que usan los torneros. El coginete se pone de suerte que esté bien apretado contra el globo para que frote con él, quando este da vueltas. (a). Con esta frotacion, los poros del coginete se hallan mas comprimidos que los del vidrio, y el eter contenido en ellos, está precisado á salir y á insinuarse en los del vidrio, donde se va acumulando, pues los poros abiertos del coginete se lo suministran continuamente sacándolo de los cuerpos circunvecinos; por cuyo medio puede el globo cargarse de eter mucho mas que los tubos de vidrio. Asi es que los efectos de la electricidad son entonces mayores, pero de la misma naturaleza que los referidos antes, atrayendo y repeliendo alternativamente, y dando centellas que son mucho mas fuertes. Est. 1. fig. 5.

(a) En lugar del globo de que habla el Autor, se usa en el dia una plancha redonda de cristal, á la que llaman disco; y á este con el coginete, y el mecanismo para que el disco dé vueltas, se le llama *máquina eléctrica*.

Esta bola ó globo electrizado, no solo ha servido para repetir los experimentos mencionados, sino tambien para descubrirnos otros fenómenos particulares.

Construida la máquina para hacer dar vueltas al globo ó al disco, se suspende una barra de hierro F G encima ó al lado de él, y se dirige hácia el disco una cadena E D de hierro ú de otro metal, que tenga en sus extremos D varias puntas metálicas, las que toquen en el disco. Basta que la cadena esté atada á la barra de hierro, ó que la toque de un modo qualquiera. Si se hace andar el disco, que frota contra el coginete C, á fin de que el vidrio se cargue de éter, el que por consiguiente estará mas elástico, pasará fácilmente á los hilos D, que siendo de metal, tienen los poros muy abiertos, y de aqui se descargará por la cadena D E en la barra de hierro F G. Por medio pues del disco, el éter que suministra el coginete, se acumulará sucesivamente en la barra de hierro, la que por consiguiente se pone eléctrica, creciendo su electricidad al paso que anda el disco.

Si esta barra tuviese comunicacion con otros cuerpos de la misma especie, descargaria en ellos el supérfluo de su éter, y perderia su electricidad: el éter sacado del coginete, se repartiria entre todos los cuerpos que se comunican, y no seria sensible su compresion. Para precaver esto, que

malograría todos los fenómenos de la electricidad, es necesario apoyar ó suspender la barra por medio de cuerpos cuyos poros sean bien cerrados, quales son el vidrio, la pez, el azufre, el lacre y la seda. Se podrá pues apoyar la barra sobre pilares de vidrio ó de pez; ó suspenderla con unos cordones de seda (a). Por este medio no perderá la barra su éter acumulado, pues por todas partes está rodeado de cuerpos de poros cerrados que no dan paso al éter de la barra. En este caso se dice que la barra está *aislada*, que es lo mismo que decir, que no toca á ningun cuerpo que pueda quitarle su electricidad. No obstante, es facil entender que no es posible impedir absolutamente toda pérdida; por lo cual se disminuye sucesivamente la electricidad de dicha barra, si no se la mantiene, haciendo andar la máquina.

De esta manera se comunica la electricidad á una barra de hierro, que nunca se pondria electrica, por mas que la frotaran, á causa de la abertura de sus poros; y esta es tambien la razon de que dicha barra puesta eléctrica por comunicacion, produzca fenómenos mucho mas enérgicos. Si se le presenta un dedo, ó qualquiera otra parte del cuerpo, se ve salir de ella una centella muy brillante en forma de pincel, que al

(a) Se ha de cuidar, por la misma razon, que en ellos no haya polvo ni humedad.

entrar en el cuerpo, causa una punzada sensible y á veces dolorosa. Yo me acuerdo de haber una vez presentado á ella la cabeza cubierta con una peluca y un sombrero, y el golpe penetró tanto, que al dia siguiente todavia sentia el dolor.

Estas centellas que salen de todas partes de la barra, quando se acercan á ella cuerpos de poros abiertos, encienden el espíritu de vino, y matan los paxarillos si les dan en la cabeza. Cuando se mete el otro extremo de la cadena D E en una vasija llena de agua, puesta sobre los cuerpos de poros cerrados, como vidrio, pez o seda; se pone eléctrica toda el agua: y algunos autores aseguran haber electrizado de esta manera lagos enteros, de suerte que acercando la mano vieron salir del agua misma centellas bastante sensibles. A mí me parece que seria menester mucho tiempo para acumular al eter en una tan grande masa de agua; ademas que era preciso que el fondo y todo lo que rodease al lago, no diese paso á la electricidad.

Cuanto mas abiertos son pues los poros de un cuerpo, tanto mas á propósito es para recibir mayor grado de electricidad. Todo esto es muy conforme á los principios que tengo sentados. = A 14 de Julio de 1761.

CARTA 146.

De la electrizacion de los hombres y animales.

Una vez que se puede hacer pasar la electricidad del vidrio á una barra de hierro, por medio de una cadena, que da comunicacion, tambien se podrá hacerla pasar al cuerpo de un hombre, pues los cuerpos de los animales tienen la propiedad, comun á los metales, de que sus poros estan muy abiertos; pero es preciso que dicho hombre no toque á otros cuerpos, cuyos poros sean tambien abiertos.

Para esto se pone el hombre sobre una torta de pez, ó se sienta en una silla puesta sobre pilares de vidrio, ó suspensa con cordones de seda, cuyas materias todas tienen sus poros bastante cerrados, y no dan paso al éter que se halla acumulado en el cuerpo del hombre.

Esta precaucion es absolutamente necesaria; porque si este hombre estuviese puesto sobre la tierra, cuyos poros son bastante abiertos, al instante que el éter se

hallase mas comprimido en su cuerpo, se descargaria en la tierra, y fuera menester poder cargarle de éter á toda ella, antes que el hombre se pusiese eléctrico. Es facil de ver que el coginete que frota contra el vidrio, no suministrará esta prodigiosa cantidad de éter; y aun quando se quisiese sacarlo de la tierra misma, nada se adelantaria, pues se la quitaria por una parte tanto como se la daba por la otra.

Colocado pues el hombre que se ha de electrizar, del modo que acabo de decir, se le hace acercar la mano al disco de vidrio mientras da vueltas, y el éter va pasando á la mano y acumulandose en todo el cuerpo del hombre, de donde no puede escaparse facilmente, porque el ayre y todos los cuerpos de que está rodeado, tienen cerrados sus poros. En lugar de hacerle tocar el vidrio, bastará que toque la cadena, ó la barra, de que he hablado en mi carta antecedente; pero en este caso, no solo el hombre estará cargado de eter, sino tambien la cadena y la barra; y como esto pide mayor cantidad de éter, es menester trabajar mas tiempo en hacer andar la maquina, para suministrar lo suficiente.

De esta suerte, el hombre se pone eléctrico, ó lo que es lo mismo, todo su cuerpo estará cargado de éter, y este fluido se halla por consiguiente en mayor grado de compresion y elasticidad, por lo que hará esfuerzos para escaparse.

Es claro que un estado tan violento no puede ser indiferente al hombre. Nuestro cuerpo se halla, hasta en sus menores partes, penetrado enteramente de éter, y estan tan llenas de él las mas pequeñas fibras y los nervios, que este éter contiene sin duda los principales resortes de los movimientos animales y vitales. Asi se observa que el pulso de un hombre electrizado, va mas aprisa; se excita el sudor, y se acelera el movimiento de los líquidos mas sutiles de que está lleno nuestro cuerpo. Tambien se siente en todo el cuerpo cierta mudanza que no se puede explicar; y hay certeza de que este estado influye mucho en la salud, bien que todavia no hay bastantes experimentos para conocer los casos en que sea saludable ó perjudicial. Muchas veces podrá ser bueno que la sangre y los humores circulen con mas rapidéz, pudiéndose evitar por este medio ciertas obstrucciones que tendrian fatales conseqüencias; pero otras veces sucederá que la demasiada agitacion sea nociva á la salud. Todo esto merecia que los Médicos lo exáminasen con madurez. Es verdad que se habla de varias curas maravillosas, que se han conseguido por medio de la electrizacion; pero todavia no se conocen determinadamente los casos en que puede esperarse un éxito feliz.

Volviendo á nuestro hombre electrizado, es muy notable que en la obscuridad,

se le ve rodeado de una luz, semejante al resplandor que los pintores representan al rededor de las cabezas de los santos. La razon es muy obvia: del cuerpo de este hombre está saliendo continuamente alguna parte del eter acumulado en él: este fluido encuentra mucha resistencia en los poros cerrados del ayre, por lo que se pone en cierta agitacion, que es el origen de la luz, segun he dicho antes.

En este estado del hombre electrizado, se observan fenómenos muy singulares: si le tocan, no solamente se ven salir chispas del parage tocado, sino ademas el hombre mismo experimenta cierto dolor. Asi pues, si le toca un hombre en el estado natural ó no electrizado, ambos sienten este dolor, que podria tener funestas consequencias, si le tocaba en la cabeza ó en otro parage mas sensible. Es facil de comprehender que no puede sernos indiferente el que una parte del éter contenido en nuestro cuerpo salga, ó que entre de nuevo, sobre todo, cuando esto sucede con suma rapidéz.

Por lo demas, la luz de que se ve rodeado en la obscuridad un hombre electrizado, confirma lo que antes dixe acerca de la atmósfera eléctrica de los cuerpos; y no puede ya haber dificultad en entender la mayor parte de los fenomenos eléctricos.

A 18 de Julio de 1761.

CARTA 147.

Del carácter distintivo de las dos especies de electricidad, llamadas positiva y negativa.

Queda dicho que por medio de la frotacion se pone eléctrico no solamente el vidrio, sino otras materias como el lacre y el azufre, que tienen la misma propiedad, por ser sus poros cerrados, de manera que ora se les cargue de mas éter, ora se les quite una parte, se conservan durante algun tiempo en este estado, sin que al momento se restablezca el equilibrio.

Asi es que en lugar de un globo de vidrio, se usan tambien globos de lacre ó de azufre, haciéndolos girar sobre un exe y frotándose contra un coginete, del mismo modo que los globos de vidrio. De esta manera se ponen eléctricos estos globos, y acercándoles una barra de hierro que no los toque sino por hilos delgados ó franjas de este metal que no puedan echar á perder el globo, la electricidad se comunica á dicha barra, y desde ella se la puede pasar á los cuerpos que se quiera.

Sin embargo se nota en esto una dife-

rencia digna de atencion. Un globo de vidrio frotado, se carga de éter, y la barra de hierro ó los otros cuerpos que se ponen con él en comunicacion, adquieren electricidad de la misma especie: ó bien el éter se halla muy comprimido, y aumentada su elasticidad. Esta electricidad se llama *positiva* ó *electricidad en mas*. Pero quando se frota del mismo modo un globo de lacre ó de azufre, hay una electricidad enteramente contraria, que se llama *negativa* ó *electricidad en menos*, porque estos globos, por medio de la frotacion, se despojan de parte del éter contenido en sus poros.

No dexa de sorprehender que la misma frotacion produzca efectos enteramente opuestos; pero esto depende de la naturaleza de los cuerpos frotantes y frotados, y de la rigidez de las partículas que contienen los poros. Para explicar la posibilidad de esta diferencia, se ve desde luego que si dos cuerpos se frotan fuertemente uno contra otro, los poros del uno deben regularmente sufrir mayor compresion que los del otro, y entonces el éter contenido en los poros es exprimido y precisado á insinuarse en los del cuerpo en que estan menos comprimidos.

Resulta pues que en la frotacion del vidrio contra un coginete, los poros de este sufren mayor compresion que los del vidrio, y por consiguiente el éter del cogi-

nete pasa al vidrio y produce en él una electricidad positiva, como antes se dixo. Pero cuando se pone un globo de lacre ó de azufre en lugar del de vidrio, siendo estas materias susceptibles de mayor compresion en sus poros que la materia del coginete con que se les frota, una parte del éter contenido en dichos globos se exprimirá y entrará en el coginete, y asi dichos globos de lacre ó de azufre serán despojados de parte de su éter, y tendrán por consiguiente *electricidad negativa.*

La electricidad, que recibe una barra de hierro ó de metal, puesta en comunicacion con el globo de lacre ó de azufre, es de igual naturaleza, como tambien la que se comunica á un hombre colocado sobre una torta de pez, ó suspendido de cordones de seda. Tocando a este hombre ó á otro cuerpo electrizado de esta suerte que tenga los poros abiertos, se observan con poca diferencia los mismos fenómenos que en el caso de la electricidad positiva. Al tocarle se ve una chispa, y se siente una picadura por ambas partes. La razon es evidente: el éter que sale de los cuerpos que se hallan en su estado natural para entrar en los cuerpos electrizados (esto es, que se han despojado de parte de su éter) estando oprimido, debe tener cierta agitacion y producir luz. No obstante se observa bastante diferencia en la figura de la chispa

segun que la electricidad es positiva ó negativa. Véase la de la electricidad positiva en la *estamp.* 1. *fig.* 6.

Si la barra A B tiene electricidad positiva y se le presenta el dedo C, la luz que sale de la barra aparece bajo la forma de un pincel *m n*, y cerca del dedo en *p* se ve un punto luminoso.

Pero si la barra A B (*estamp.* 1. *fig.* 7) tiene electricidad negativa, y se le presenta el dedo C, entonces el pincel de luz *m n* sale del dedo, y el punto luminoso *p* se ve cerca de la barra.

Tal es el principal carácter que distingue la electricidad positiva de la negativa. Donde sale el éter, la centella tiene siempre la figura de un pincel; pero donde entra en un cuerpo, la centella es un punto luminoso. = A 21 de Julio de 1761.

CARTA 148.

De como un mismo globo de vidrio, puede dar las dos especies de electricidad.

La diferencia entre la electricidad

positiva y negativa se verá mas claramente, despues de explicar como se puede producir por un mismo globo de vidrio la una y otra especie, lo que servirá al mismo tiempo para aclarar mas estos admirables fenómenos de la naturaleza.

Pongamos que el globo de vidrio dé vueltas sobre su exe, y esté frotado por el coginete en frente del cual el globo toca á unas franjas de metal atadas á la barrra de hierro, la cual está suspendida por cordones de seda con el fin de que no toque por ninguna parte en cuerpos de poros abiertos.

Esto supuesto, V. A. sabe que por medio de la frotacion contra el coginete, el éter pasa de este al vidrio, adonde se pone mas comprimido, y de consiguiente mas elástico: de aqui pasará pues por las franjas á la barra de hierro, pues aunque los poros del vidrio son bastante cerrados, como el éter se acumula mas y mas por medio de la frotacion, se carga tanto en breve tiempo, que se escapa por las franjas de metal, va á descargarse en la barra, y asi esta se pone igualmente eléctrica.

Se ve pues que todo este supérfluo de éter viene del coginete, el cual seria despojado de él prontamente, sino tuviese libre comunicacion con la armazon de la máquina, y de aqui con la tierra que suministra á cada instante nuevo éter al coginete,

de manera que mientras dura la frotacion lo tiene en abundancia para comprimir mas el que se halla en el globo y en la barra. Pero si toda la máquina descansa sobre pies de vidrio, o esta suspendida por cordones de seda, de suerte que el coginete no tenga ninguna comunicacion con cuerpos de poros abiertos que puedan suministrarle éter, pronto será despojado del que tiene, y la electricidad no podrá aumentarse en el globo y en la barra sino hasta cierto grado que apénas será sensible, á menos que el coginete fuera de un tamaño enorme. Para suplir á este se pone otro en comunicacion con una gran masa de metal, cuyo eter sea suficiente para suministrar lo bastante al globo y á la barra, y ponerlo en un alto grado de compresion (a).

Por este medio adquirirá el globo y la barra una electricidad positiva, como antes se ha dicho: pero al paso que estos se cargan de éter, pierden la misma cantidad el coginete y la masa metálica, y de consiguiente estan eléctricos negativamente: de manera que tenemos aqui las dos especies de electricidad, positiva en la barra, y negativa en la masa metálica: cada uno produce su efecto correspondiente. Si se pre-

(a) Debe entenderse que esta masa de metal que tiene comunicacion con el coginete ha de estar aislada, esto es, sobre vidrio o resina, ó suspendida por cordones de seda.

senta un dedo á la barra, saldrá de ella una chispa en forma de pincel, y el punto luminoso se verá en el dedo: pero si se presenta el dedo á la masa metálica, el pincel saldrá del dedo y el punto luminoso se verá en dicha masa.

Imaginemos dos hombres colocados sobre tortas de pez para que no tengan ninguna comunicacion con cuerpos de poros abiertos: que el uno toque á la barra y el otro á la masa metálica mientras que el globo da vueltas. Es pues claro que el primero se pondrá eléctrico positivamente o se cargará de éter, al mismo tiempo que el otro que toca á la masa metálica se pondrá eléctrico negativamente ó perderá parte de su éter.

Tenemos pues dos hombres eléctricos, pero de un modo enteramente contrario cada uno, aunque por medio de una misma máquina. Uno y otro estarán rodeados de una atmósfera eléctrica que en la oscuridad parecerá el resplandor que los pintores ponen á los santos. La razon es que el éter supérfluo del primero sale poco á poco al ayre que le rodea; y que respecto del otro, el éter contenido en el ayre se insinua insensiblemente en su cuerpo. Este paso, aunque insensible, irá acompañado de agitacion del éter, de que resulta la luz.

Es claro que estos dos estados de electricidad son directamente opuestos, y para

mejor convencerse, que estos dos hombres se den la mano ó se toquen de qualquier modo, y se verán salir chispas, y ellos mismos sentirán picaduras bastante fuertes.

Si ambos estuvieran electrizados de un mismo modo, lo que sucederia si ambos tocasen á la barra, ó ambos á la masa metálica, podrian darse la mano ó tocarse sin que resultase chispa ni picaduras; pues el éter contenido en uno y otro se hallaba en igual estado de compresion ó rarefaccion, en lugar que en el caso anterior su estado era enteramente contrario. = A 25 de Julio de 1761.

CARTA 149.

Del experimento de Leiden.

Ahora voy á tratar de un fenómeno de la electricidad que ha metido mucho ruido, y es conocido con el nombre de *experimento de Leyden*, porque el *Sr. Muschembreek*, profesor en Leyden, fué el inventor. Lo mas particular que hay en este experimento, es la fuerza terrible con que

muchas personas á la vez pueden sentir las mas fuertes conmociones.

Sea C el globo de vidrio dando vueltas por medio del manubio frotado por el coginete que comprime al globo, y ademas haya las franjas metálicas que transmiten la electricidad á la barra de hierro por la cadena metálica.

Hasta aqui nada es diferente de la maniobra de que antes se ha hablado. Pero para executar el experimento de que se trata se pone en la barra otra cadena de metal H, cuyo extremo I entra en un matras ó botella de vidrio K K lleno de agua, el qual matras está puesto en una vasija LL tambien llena de agua. Cuando se quiere se mete en el agua de la vasija otra cadena que por el otro extremo caiga sobre el suelo (a). Est. 1. fig. 5.

Andando la máquina por algun tiempo, para que la barra se ponga suficientemente eléctrica, sabemos que si una persona presenta el dedo al extremo de la barra sentirá la picadura ordinaria de la electricidad por la chispa que sale. Pero si al mismo tiempo mete la otra mano en el agua de la vasija, ó solamente toca con su cuerpo la cadena metida en el agua, sentirá un golpe mu-

(a) Esto es preciso hacerlo quando la vasija es de vidrio ó de una materia que no da libre paso á la electricidad.

chísimo mas fuerte, y le causará una conmocion por todo el cuerpo.

Estas conmociones pueden tambien sentirlas muchas personas á la vez. Para ello no tienen mas que darse las manos, o tocarse por sus vestidos: la primera de ellas mete la mano en el agua de la vasija ó toca solamente la cadena que entra en ella; y luego que la última persona presenta el dedo á la barra, se ve salir una chispa mucho mayor que de ordinario, y todas las personas sienten al mismo instante una conmocion muy fuerte por todo su cuerpo.

Tal es el famoso experimento de Leyden, tanto mas maravilloso, cuanto es dificil ver de qué manera el matras ó botella y el agua de la vasija contribuyen á aumentar en tanto grado el efecto de la electricidad. Para vencer esta dificultad haremos las consideraciones siguientes.

I.

Mientras que andando la máquina el éter es comprimido en la barra, pasa por la cadena H hasta el agua contenida en el matras I, y como encuentra allí poros abiertos, el agua del matras se cargará de éter tanto como la misma barra.

II.

Siendo de vidrio el matras tiene sus

poros cerrados, que no permiten al éter comprimido dentro de él atravesar la substancia del vidrio para descargarse en el agua de la vasija, y por cousiguiente esta permanece en su estado natural sin ponerse eléctrica; y aun quando saliese algun poro de éter al través del vidrio pronto se perderia por la vasija y su pie cuyos poros son abiertos.

III.

Consideremos ahora un hombre metida una mano en el agua de la vasija ó tocando la cadena A que tiene un extremo metido en dicha agua; y con la otra mano tocando á la barra en *a*. El primer efecto que resultará es que con la chispa que sale de la barra, el éter se escapará con gran velocidad, y encontrando poros abiertos en todo el cuerpo del hombre, lo atravesará sin impedimento.

IV.

Hasta aqui no se ve mas que el efecto ordinario de la electricidad: pero al tiempo que el éter atraviesa tan rápidamente el cuerpo del hombre, sale con igual rapidéz por la otra mano ó por la cadena A para entrar en el agua de la vasija; y como entra con tanto ímpetu vencerá facilmente el obstáculo que opone el vidrio, y penetrará hasta el agua contenida en el matras.

V.

Como el éter está ya muy comprimido en el agua del matras, adquirirá con este aumento nuevas fuerzas, y se esparcirá impetuosamente tanto por la cadena I H, como por la barra misma: por consiguiente se escapará en *a* con nuevos esfuerzos: y como esto se hace en un instante, entrará con un aumento de fuerzas en el dedo para atravesar el cuerpo del hombre.

VI.

De allí pasando de nuevo al agua de la vasija, y penetrando el matras, aumentará todavia la agitacion del éter comprimido en el agua del matras y de la barra; y esto durará hasta que todo vuelva al equilibrio, lo que sucederá con mucha prontitud á causa de la gran rapidez con que obra el éter.

VII.

Lo mismo sucederá si hay muchas personas; y creo que V. A. comprehende fácilmente de donde procede el aumento singular de la fuerza de la electricidad que se nota en el experimento de Muschembroek, en términos de producir efectos prodigiosos.

VIII.

Si hubiese alguna duda acerca de haber dicho que el éter comprimido en el agua del matras no pasa al través del vidrio, y que despues le he supuesto un paso bastante libre, se desvanecerá esta duda considerando que en el primer caso todo está tranquilo, y en el otro el éter se halla en una terrible agitacion, que debe sin duda contribuir á hacerle forzar el paso mas cerrado. = A 28 de Julio de 1761.

ADICCION

Sobre la electricidad.

NOTICIAS HISTÓRICAS.

El ambar amarillo frotado atrae los cuerpecillos ligeros. Esta propiedad se conoce desde tiempos muy remotos; y de esta substancia, llamada en griego *electron* se derivó la palabra *electricidad*, que en el dia expresa tanto las propiedades de los cuerpos eléctricos, como los efectos que producen. Timeo de Locres, 500 años antes de la Era Cristiana pensaba que la frotacion hacia salir del ambar un vapor invisible.

Teophrasto, que florecia 300 años antes de la misma Era hace mencion de una piedra llamada *Lincurium*, á la qual atribuye la misma propiedad del ambar, y ademas la de atraer las limaduras de cobre y de hierro. Mas posterior es el descubrimiento de que el azavache tenia igualmente dicha propiedad; y esto es todo lo que se sabia en la materia hasta principios del siglo 17, en que *Gilbert*, médico ingles, descubrio la misma propiedad en otros muchos cuerpos como las materias vitrificadas, el azufre, los betunes, las resinas y otras; y entre varias observaciones de este sabio inglés, se encuentra la de que la humedad es perjudicial á la virtud eléctrica.

Por los años de 1670 el caballero Boyle observó que estos fenomenos de atraccion se verificaban igualmente en el vacio de la máquina Pneumatica; que los cuerpos electrizados atraian indistintamente toda suerte de cuerpos; y notó que era conveniente el que los cuerpos eléctricos tuviesen la superficie muy lisa (a).

Otro de Guerike fundió un globo de azufre, y haciendole girar y frotándole con la mano, repitio los experimentos que entonces se conocian, y observó, por la primera vez, los fenomenos de las repulsiones. Tambien advirtió el chasquido que produ-

(a) Boyle, Mechanical productions of Electricity.

ce el fluido eléctrico que sale del globo; é igualmente la luz que este despide, comparándola á la que se ve cuando se muele azucar en la obscuridad (a).

El Doctor Wall frotando con un paño un gran pedazo de ambar en figura cónica, oyó los chasquidos, vió los pinceles electricos, y sintió algunas ligeras punzadas (b).

Newton observó el primero que el vidrio electrizado atrae los cuerpecillos ligeros por el lado opuesto al que ha sido frotado; y pensaba que los cuerpos electrizados lanzanban de sí cierto fluido elástico que pasaba libremente al través del vidrio; procediendo esta emision del movimiento de vibracion de los cuerpos frotados, segun lo indica en su óptica.

Hauskebee que escribia en 1709 (c) dió grandes pasos en el vasto campo de la electricidad: descubrió que el vidrio era el cuerpo mas á própósito para excitar mayor electricidad; los largos pinceles y las vivas chispas que salen de los tubos, globos, y cilindros de vidrio frotados ligeramente en tiempos seco: el silvido sordo de los pinceles eléctricos y la sensacion de dolor que causan las chispas. Poniendo un cerco con varios hilos al rededor de un globo de vidrio frotado, halló la direccion constante

(a) Experimenta Magdeburgica.
(b) Philosophic. Transact. Abrigdment. vol. 2.
(c) Physico-Mechanical Experimenta.

de los hilos hácia el globo, y observó otros fenómenos relativos á este punto. Tambien observó los fenomenos de luz que en la obscuridad presentan los globos de vidrio purgados de ayre; cuyos experimentos varió con sumo ingenio. Ultimamente poniendo azogue en una ampolla de vidrio vacía de ayre, lo sacudió y vió grandes ráfagas de luz á la que llama forforo *mercurial*; sobre lo qual observó no necesitarse el vacio perfecto. Este hecho tiene estrecha relacion con los barómetros que en el dia llaman luminosos, para lo cual parece no se requiere un vacio perfecto. Por fin, Hauskebee hizo otras muchas y muy delicadas observaciones que se encuentran en la obra citada y en la historia de la electricidad de Priestley.

El globo de vidrio con su torno para hacerle girar, ó por mejor decir, la *máquina eléctrica* de que se habia valido Hauskebee quèdo olvidada de los fisicos por algun tiempo, quienes emplearon para sus experimentos largos tubos de vidrio frotados con la mano; y aun antes de esto parece que por espacio de 20 años dejaron abandonada esta materia hasta que por los años de 1730, dos Ingleses *Grey* y *Wheler*, volvieron á ella su atencion. Estos dos hombres ingeniosos y laboriosos hicieron juntos muchos experimentos y nos enseñaron que las sedas, los cabellos, las plumas, la lana y

el papel son substancias muy eléctricas: que la electricidad se comunicaba á las cuerdas y maderas hasta mucha distancia con tal que estuviesen aisladas por medio de cordones de seda, ó de tortas de resina que para este fin las emplearon por la primera vez. *Grey* comunicó la electricidad al cuerpo humano y observó el efecto de la atraccion, é igualmente la comunicó al agua; y no nos detendremos en especificar los experimentos de estos dos sabios Ingleses, aunque dignos de exâminarse por los que gustan de ver la lentitud con que se camina en la averiguacion de lòs efectos naturales.

Por estos tiempos se empezaba tambien en Francia á cultivar la electricidad. *Dufay* halló que el vidrio bien seco es un excelente aislador: advirtió el fenómeno de las repulsiones electricas: distinguió dos especies de electricidad, á saber *vidriosa* y *resinosa*. *Dufay* fue tambien el primero que sacó la chispa de un cuerpo humano electrizado sobre lo cual Nollet que asistiá á los experimentos de Dufay, dice que nunca olvidará la sorpresa que les causó este fenómeno, la primera vez que lo vieron.

La noticia de estos experimentos hizo á Grey volver á sus tareas, y halló que los metales aislados daban chispas como lo hacia el cuerpo humano. Observó los pinceles ó conos de luz eléctrica que salen de las puntas de los conductores metálicos; últi-

inamente es digno de notarse lo que Grey decia: aunque hasta ahora hayan sido producidos estos efectos en pequeño, es probable que con el tiempo se podrá hallar algun medio de recoger una gran cantidad de fluido eléctrico, y de consiguiente aumentar la fuerza de esta potencia, la cual en vista de muchos experimentos parece que es de la misma naturaleza que la del rayo y del relámpago *(a)*.

Los que conozcan la necesidad de voces y frases exâctas en las ciencias, agradeceran al Doctor Desaguliers la introducion de varios terminos technicos en el ramo de la electricidad, y estrañarán que hasta ahora se halle el idioma de ella tan diminuto y tan vago. Desaguliers dividió los cuerpos en dos clases con relacion a la electricidad: llamó *cuerpos eléctricos por sí mismos* á los que producian la electricidad por medio de la frotacion; y dió el nombre de *conductores* a los que reciben la electricidad por comunicacion. Ademas de esto dio á conocer principalmente dos verdades: la primera és que la electricidad sea escitada, sea comunicada, se extiende en forma de esfera al rededor de un globo; o en forma de cilindro si el cuerpo es cilíndrico: la segunda es que el ayre seco y frio es electrico por sí mismo; y es preferible para los experimentos de electricidad.

(a) Philosoph. Transact. Abridgm. vol. 8.

En todo este tiempo los físicos habian empleado tubos de vidrio para sus experimentos de electricidad. En 1742 el señor Boze, Profesor de física en Wittemberg, volvio á usar el globo de vidrio, cuyo uso estubo abandonado desde el tiempo de Haukesbee: igualmente le puso un conductor aislado y terminado en una porcion de hilos del lado del globo para recibir la electricidad. Los efectos que logró fueron bastantes para dar y quitar á las agujas imanizadas la virtud magnetica, el fue tambien quien hizo ver aquella aureola al rededor de la cabeza, semejante á la que pintan á los santos.

La máquina eléctrica recibió de Winkler nueva perfeccion, en el coginete que le puso para frotar el globo, en lugar de hacerlo con la mano. Al mismo tiempo *Canton* dio una amalgama para aumentar la electricidad frotando los coginetes. Pero el P. Gordon preferia al globo un cilindro, y con él logro tener bastante electricidad para matar algunos paxarillos.

Por medio de la chispa eléctrica lograron varios físicos inflamar el espíritu de vino, entre los quales fue el primero el Doctor Ludolf en Berlin, el cual probo tambien que la luz que se suele ver quando el azogue de los barometros frota contra los tubos procedia de la electrizacion del tubo. El Doctor Watson consiguio inflamar va-

rias substancias por medio de una persona tanto electrizada como sin estarlo; y hallo que el humo y la llama eran conductores de la electricidad.

En 1746 llamó la atencion de todos un fenómenos singular de electricidad. El célebre Muschembroek teniendo en una mano una vasija de vidrio llena de agua para electricarla, fue á tocar al condutor con la otra, y sintio tan violenta conmocion en los brazos y el pecho que en una carta á Mr. de Reaumur decia que no queria volver á probarla por la Corona de Francia. La sorpresa que debió causar este hecho, fue sin duda motivo de las exageraciones con que muchos en aquel tiempo exponian este efecto; mas sin embargo Mus hembroek, Allaman, y Winkler concuerdan en haber sentido tales conmociones que quedaron incomodados por algun tiempo, y *Boze* decia que querria morir de una conmocion eléctrica, para que se contase su muerte en las memorias de la Real Academia de Ciencias de París.

A este experimento singular llamaron en aquel tiempo *experimento de Leyden*, y al vaso con que se hace, le dieron el nombre de *botella de Leyden*, del nombre de la ciudad donde se hizo la primera vez.

Repitiose este experimento en todas partes con admiracion; en cuyo tiempo Nollet y Watson hicieron lo que despues se

llamó la *cadena*; que consiste en formar un circulo de muchas personas que se dan las manos, la primera de ellas tocando lo exterior de la botella de Leyden, y la última sacando la chispa del conductor, con lo que todas sienten á un mismo tiempo la conmocion.

Repitiendo este experimento, se observó que la conmocion era mayor á proporcion que era mayor el número de puntos de contacto de los cuerpos conductores que tocaban á la parte exterior de la botella. Watson, siguiendo la idea del Doctor Bevis, forró con ojas de plata lo interior y exterior de un gran vaso de vidrio hasta una pulgada del borde, y habiendo obtenido una fuerte explosion, concluyó que la mayor ó menor cantidad de materia no eléctrica contenida en la botella no aumentaba el efecto, sino que este procedia del número de puntos de contacto. En este principio se funda la construccion que tienen las botellas de Leyden (*a*).

(a) El Abate Bertholon se propuso averiguar cual era la substancia que daba á los animales la facultad de transmitir la conmocion. El resultado de sus observaciones es que los animales, las partes animales, y todos sus productos que sacan la naturaleza ó el arte, deben al agua la facultad de con[illegible] el choque eléctrico. *Jour. de Phys.* [illegible] tom. 2. pag. 37. = El mismo Autor distingue los conductores de la chispa eléctrica, que se llaman comunmente *conductores de la electricidad*, de los *conductores de la conmocion*. Estos no necesitan estar [illegible]ados

Habiendo visto que el fluido eléctrico pasaba por todo el círculo de cuerpos conductores que estaban en contacto, tocando el primero á la parte exterior de la botella y el último al conductor que comunica con la parte interior, imaginó Wilson el medio de dar la conmocion a una parte cualquiera del cuerpo humano, como por exemplo á un brazo o una pierna, sin que las demas fueren afectadas de ella. En efecto, sabido que el fluido eléctrico sigue la línea de conductores entre las dos partes exterior e interior de la botella, se ve que estando una cadena á un hombro y otra á la muñeca, tocando el extremo de la primera en la parte exterior de la botella, y el extremo de la segunda en la interior ó en el conductor, pasará el fluido eléctrico por estas cadenas y por el brazo, sin tocar á lo demas del cuerpo. Esto tiene mucha aplicacion en el uso de la electricidad en la Medicina.

Nollet parece fué quien advirtió las roturas que suelen hacerse en las botellas de Leyden, cuando la descarga es demasiado fuerte; y Wilson enseñó á componerlas, calentando suavemente la parte rota á la luz de una vela, aplicando lacre en ella de modo que cierre la rotura y quede del grue-

para sentir el golpe, en lugar que los otros deben estarlo para dar las pruebas de atraccion y repulsion. Por falta de esta distincion hay obscuridad en lo que dicen algunos autores. Ibid. pag. 211.

so del vidrio, y cubriendo este lacre hasta una pulgada mas allá de la rotura con un pedazo de tafetan dado de aceyte, sobre el qual estaba extendido un poco de mastic, hecho de cuatro partes de cera vírgen, una de resina, una de terebentina y un poco de aceyte de olivas.

La máquina eléctrica aislada, esto es, puesta sobre tortas de resina o pies de vidrio, produce menores efectos que estando en comunicacion con la tierra; y de aqui infirieron Nollet, Watson y Wilson que el fluido eléctrico no venia del globo frotado, sino del coginete ó de la mano que lo frota, los cuales lo reciben de la tierra, á la qual se llamó el *depósito comun de la electricidad*. En esto se fundan varias prácticas posteriores para perfeccionar esta máquina, y entre ellas es la principal la de establecer la comunicacion entre el coginete y la tierra por medio de un conductor como un hilo de metal.

Nollet, cuyas tareas en la electricidad son bien conocidas, multiplicó muchos los experimentos ya en el vacio, ya en el ayre, y descubrió la aceleracion de los liquidos que en los tubos capilares produce la electricidad, y la evaporacion de la humedad que hay encima de los conductores. Este experimento le dió motivo para pensar que la electricidad podria restablecer en los animales el curso del fluido nervioso, curar

las obstruciones &c; y al mismo tiempo se ve que la electricidad podrá acelerar la vegetacion, como en efecto el señor Mainbray en Edimbourg, y despues Nollet en Francia lo han probado.

Los hechos ciertos de que la electricidad aceleraba la transpiracion en el cuerpo humano, y de consiguiente podria servir de medicamento en algunos casos, dieron motivo á muchas pruebas, por la mayor parte infructuosas. Nollet, Lassone, Morand, le Catt, Dallabert, de Sauvages, Haen, y los mas célebres Físicos, Médicos y Cirujanos, confesaban el poco fruto que sacaban de sus tentativas, aunque alguna vez hallaban que no eran vanas, cuyo candor y buena fe es tanto mas estimable, quanto en Italia una secta de hombres ó entusiastas ó charlatanes, pregonaban los prodigios que obraban los tubos medicinales, que consistian en unos tubos de vidrio llenos de algun bálsamo y bien cerrados. Estos hombres pretendian que la electricidad hacia evaporar las materias contenidas dentro de los tubos, y las introducia en el cuerpo humano. En Francia, en Inglaterra se repitieron estos experimentos sin que se lograsen las maravillas que se anunciaban, y Nollet queriendo satisfacerse de un hecho tan importante, pasó á Italia, y en todas partes desaparecian entonces las virtudes de los tubos medicinales.

Desde el año 1747 el Doctor Franklin se habia dedicado en América á observar los fenómenos de la electricidad. Habiendo observado que uua persona aislada, por mas que frotase un tubo no se electriza ba á si misma con otros hechos relativos á este, pensó, como ya se creia en Europa, que el fluido eléctrico pasaba del cuerpo que frotaba el tubo al que lo tocaba. En vista de estos experimentos, que prueban que unos cuerpos pierden parte de su electricidad y otros la reciben, se pensó que la diferencia entre las dos electricidades *resinosa y vidriosa*, de que antes se habló, solo consistia en que la última es en mayor cantidad que la primera y que en general los efectos de atracciones y repulsiones dependian de la mayor o menor cantidad de electricidad de los cuerpos. El Doctor Franklin llamó electricidad *positiva ó en mas* á la que tiene un cuerpo mas que otro; y *negativa ó en menos* á la que tiene menos que otro un cuerpo á que se le da mas cantidad de electricidad está electrizado positivamente. Un cuerpo á que se le despoja de su electricidad está electrizado negativamente. Sería de desear que el Doctor Franklin hubiese escogido otras voces mas exáctas, mas propias y mas inteligibles; pero aunque todos las censuran ninguno ha pensado en introducir otras. Por mi parte me abstendré de ello, aunque conozco la confusion que causan, y lo que im-

pidén el entender unos efectos tan sencillos.

La explicacion de la botella de Leyden recibió bastante perfeccion de los experimentos de Franklin. La botella aislada puesta sobre vidrio o resina, sin que tenga comunicacion la parte interior con la exterior, no se carga de electricidad por mas que la máquina eléctrica le suministre; el Doctor Franklin, dió pues á conocer que la botella de Leyden no se carga interior mente de electricidad, sino á proporcion que la superficie exterior pierde de la suya; de manera que la botella cargada no tiene mas electricidad que la que tiene antes de cargarla.

Estos experimentos guiaron á Franklin á juntar varias botellas de Leyden que tuviesen comunicacion entre si por la parte exterior; y que tambien se comunicasen todas por la parte interior, por cuyo medio se cargan todas á un tiempo y se producen efectos superiores. A este conjunto de botellas, llamó *bateria electrica*, que puede ser de tantas quantas se quiera. Debese a Franklin el descubrimiento de que las puntas metálicas disipan la electricidad á grande distancia del cuerpo que la tiene; y este hecho es el fundamento de los para-rayos.

En 1749 Nollet congeturaba que el relámpago y el rayo eran en la naturaleza, lo mismo que son en pequeño la chispa y la explosion de un conductor electrizado, pero de esto se hablará despues.

El Doctor Canton hacia por este tiempo muchos descubrimientos en la práctrica y teórica de la electricidad. Demostró que el lacre puede ser electrizado *positivamente* por el vidrio: que el vidrio daba electricidad negativa quando se le frota con un pellejo de gato, y quando no está pulimentado y se le frota con franela: que el excitar en el vidrio la electricidad positiva ó negativa dependia de la superficie del vidrio, y de la cualidad del cuerpo con que se le frotaba. Finalmente el Doctor Canton hizo otros muchos experimentos y observaciones que adelantaron este ramo de la Física.

Por este tiempo *Wilke y Epinus*, trabajaban en la misma materia, y explicaron los efectos de las atmósferas electricas.

En 1759 Mr. Symmer presentó á la Sociedad Real de Londres las memorias que contienen sus experimentos sobre las dos especies de electricidad. El Doctor Watson y el Doctor Franklin habian siempre creido que la electricidad positiva no era de distinta natura era que la negativa, y que solo se diferenciaban en ser mas o menos abundante. *Dufay* creyó en su tiempo que eran dos fluidos independientes, pero Mr. Symmer, aunque creia que habia dos fluidos eléctricos distintos, los suponia coexistentes, y que obraban de un modo opuesto el uno al otro.

Este autor habia observado que al quitarse las medias de seda, oia ciertos chas-

quidos, y en la obscuridad veia algunas chispas; lo que creyó desde luego que procedia de la electricidad. Sobre esto hizo repetidas observaciones, y al fin pensó que esta electricidad era producida por combinacion de lo blanco y lo negro, por cuanto este fenómeno tenia mayor fuerza cuando llevaba una media blanca y otra negra encima. Tras esto hizo una multitud de experimentos curiosos, que dieron márgen á muchas reflexîones: vió pues que si una media blanca estaba cerca de otra negra, ambas se acercaban, presentando la blanca electricidad positiva; y la negra, negativa; que poniendo en contacto estas dos medias adherian de manera, que podian levantar un peso de tres libras sin separarse; y si cualquiera de ellas se tira contra la pared, se pega á ella, y queda asi horas enteras. Finalmente Mr. Symmer hizo varios experimentos sobre la cohesion eléctrica del vidrio, y dio varias explicaciones de estos hechos.

Mr. Cigna, noticioso de estos experimentos, emprendió una serie de ellos con cintas de seda, lo que seria muy largo referir (a).

El P. Bexaria, cuyo nombre es celebre en la historia de la electricidad, hizo varios experimentos dirigidos á aclarar la teoria de la botella de Leyden (b); asi como trabajó y adelantó otros puntos.

(a) Memorias de la Academia de Turin del año 1765. (b) Lettere dell electricismo.

Hawskesbee y otros habian hecho muchos experimentos sobre la luz eléctrica en el vacío; pero el Doctor Watson pensó que el descubrimiento de la acumulacion de la electricidad en la botella de Leyden podria servir en esta parte, y consiguió ver las hermosas corrientes de electricidad, sin estar interrumpidas por el ayre. En este punto como en los demas se repitieron, multiplicaron y variaron los experimentos por varios físicos.

La piedra llamada turmalina, que parece es el *Lyncurium* de los antiguos, quienes aseguraron que tenia la propiedad de atraer varios cuerpecillos ligeros, no ha sido conocida por los físicos hasta que Mr. Lemery presentó á la Academia Real de Ciencias de Paris una piedra que dixo haber venido de Ceylan (a). En efecto esta piedra es conocida en las Indias orientales, y sobre todo en la isla de Ceylan, donde la llaman vulgarmente *Aschentrikker*, á causa de la propiedad que tiene de atraer las cenizas. En las memorias de Berlin año de 1756 se habla de esta piedra y de los curiosos experimentos que *Leehman* habia mostrado á *Alpinus*. La propiedad rara de que frotada esta piedra por un lado adquiria electricidad positiva, mientras el otro la tenia negativa, excitó la curiosidad de muchos físicos, y en

(a) Histoire de l' Academ. 1717.

particular de Mr. Wilson (a); pero estaba reservado á M. Canton el descubrir que este efecto dependia del mayor ó menor calor; y despues el mismo Canton y Wilson descubrieron esta misma propiedad en otras piedras preciosas. La turmalina fué en 1766 el objeto de varios y curiosos experimentos que hizo Mr. Priestley.

Los experimentos de la electricidad se multiplicaron en todas partes, y entre ellos se imaginaron muchos muy vistosos y de diversion para los que no conocian la utilidad de las miras de los fisicos, que se dirigian á indagar las leyes de la naturaleza. La máquina eléctrica se fué perfeccionando, al paso que los fisicos iban conociendo mejor el modo de obrar del fluido eléctrico. *Ramsden*, el primero de los artistas, y no el ultimo de los sábios, puso á la máquina eléctrica un plato o disco de cristal en lugar del globo, el cual solia romperse, con riesgo de los espectadores; cuyo uso se ha adoptado generalmente. *Nairne* inventó otra maquina eléctrica, en la cual hay un cilindro en lugar del globo, y por cuyo medio se consigue electrizar positiva ó negativamente, o lo que es lo mismo aumentar o disminuir la cantidad de fluido eléctrico que hay en un cuerpo; circunstancia que la ha hecho recomendable para

(a) Philosophical Fransactions. vol. 51.

los usos de la electricidad en la Medicina.

Uno de los hechos mas particulares que presenta la historia de la electricidad, es el de algunos peces, que en tocándolos dan una conmocion semejante á la que se experimenta con una botella de Leyden. Por otra parte algunos animales no solo dan indicios de electricidad si se les frota, sino que dan y experimentan la conmocion. Muchas veces he experimentado esto con los gatos.

CARTA 150.

Reflexiones sobre la causa y naturaleza de la electricidad, y sobre los demas medios de producirla.

ADICION.

NOTICIAS HISTÓRICAS.

En vista de lo que llevo expuesto, es facil conocer la causa de los efectos prodigiosos que se observan en los fenómenos de la electricidad. La mayor parte de los autores que han escrito sobre esta materia embro-

llan de tal modo los experimentos, que al fin no se comprehende absolutamente nada, sobre todo cuando quieren explicarlos. Para esto recurren á no se qué materia sútil á que llaman *fluido eléctrico*, al cual atribuyen propiedades tan estrañas que repugnan al entendimiento; y al fin se ven precisados á confesar que todos son insuficientes para darnos un conocimiento sólido de estos importantes fenomenos de la naturaleza.

Pero en virtud de lo que aqui llevamos dicho, es claro que los cuerpos no se ponen electricos sino en cuanto la elasticidad ó el estado de compresion del éter que se halla en los poros de los cuerpos no es el mismo que en todas partes; quiero decir, que está mas ó menos comprimido en unos que en otros. Entonces la prodigiosa elasticidad del éter hace grandes esfuerzos para ponerse en equilibrio, y se iguala en todas partes el grado de elasticidad, en cuanto lo permita la naturaleza de los poros, que en unos cuerpos son mas abiertos que en otros; y siempre este paso al equilibrio es el que produce todos los fenómenos de la electricidad.

Cuando el éter sale de un cuerpo donde está mas comprimido, para pasar á otro donde está menos, encuentra siempre el paso embarazado por los poros cerrados del ayre, de lo que procede ponerse en cierta agitacion o movimiento violento de vibra-

cion, que es segun hemos visto en lo que consiste la luz, y cuanto mas violento es este movimiento, tanto mas brillante es la luz y aun capaz de encender y quemar los cuerpos.

Mientras el éter penetra en el ayre con tanta fuerza, las partículas del ayre se ponen tambien en movimiento de vibracion, que es la causa del sonido: y asi se observa que los fenómenos de la electricidad van acompañados de un cierto cruxir ó ruido mayor o menor segun la diversidad de circunstancias.

Y como los cuerpos de los hombres y los animales estan llenos de éter hasta en sus menores poros, y la accion de los nervios parece depender del éter contenido en ellos; no puede ser indiferente la electricidad, respecto de los hombres y los animales: cuando el eter está en ellos en gran agitacion, el efecto debe ser sensible, y segun las circunstancias ya saludable ya nocivo. A esta última clase deben referirse las terribles conmociones de la botella de Layden, y no cabe duda en que puede llegar á tal grado de fuerza, que sea capaz de matar los hombres, pues por este medio se ha llegado ya á matar varios animalillos como ratones y pajaros.

Aunque por lo comun se usa de la frotacion para producir la electricidad, es facil comprehender que habra otros medios.

Todo lo que es capaz de comprimir mas que lo está ordinariamente el eter contenido en los poros de un cuerpo, lo pone eléctrico; y si sus poros son cerrados, la electricidad permanecerá por algun tiempo, en lugar que en los cuerpos cuyos poros son abiertos, no subsistirá á no ser que esten rodeados de ayre, ó de otros cuerpos de poros cerrados.

Asi es, que se ha observado que el calor suple muchas veces á la frotacion. Cuando se calienta ó derrite el lacre ó el azufre en una cuchara, se descubre electricidad bastante sensible en estas sustancias despues de enfriarse: la razon nos está ya patente, pues sabemos que el calor ensancha los poros de todos los cuerpos, los cuales cuando están calientes ocupan mayor volúmen que cuando fríos.

V. A. sabe que en el termómetro, el azogue sube con el calor, y baja con el frio, porque ocupa mayor volúmen cuando está caliente y llena mas el vidrio que cuando está frio. Por la misma razon, una barra de hierro bien caliente es siempre algo mas larga que cuando está fria: propiedad comun á todos los cuerpos que conocemos.

Asi pues cuando derretimos un pedazo de lacre ó de azufre los poros se ensanchan y probablemente estan mas abiertos; y de consiguiente es menester que entre mayor cantidad de éter para llenarlos. Despues que se enfrian estas materias, los poros se

estrechan y se cierran, de suerte que el éter está reducido á menor espacio, y de consiguiente se halla mas comprimido y mas elastico. Estas masas, pues, adquirirán una electricidad positiva, y en efecto dan indicios de ella.

Se observa esta propiedad de ponerse eléctricas, en la mayor parte de las piedras preciosas cuando se calientan. Hay una piedra de Ceylan, llamado *turmalina*, que frotada ó calentada adquiere las dos especies de electricidad á la vez: el éter de una parte de la piedra sale para comprimir mas el que está en la otra parte, y los poros son muy cerrados, y no dejan que se restablezca el equilibrio. = A 1 de Agosto de 1761.

CARTA 151.

Sobre la naturaleza del rayo. Explicaciones que daban los filosofos antiguos, y Descartes; y sobre la semejanza entre los fenómenos del rayo, y los de la electricidad.

Hasta aquí hemos considerado la electricidad solamente como objeto de curiosidad y de especulacion para los fisicos; pero no dexará de sorprehender a V. A. el ver

que el trueno y el rayo igualmente que los demas fenomenos que les acompañan dimanan del mismo principio, haciendo la naturaleza en grande lo que los fisicos ejecutan en pequeño con sus experimentos.

Al principio tuvieron por visionarios á los filósofos que creian hallar alguna semejanza entre los fenomenos del rayo y los de la electricidad, y se pensó que hacian esto únicamente para ocultar su ignorancia en este punto; pero V. A. quedará convencido de que toda otra explicacion de estas grandes operaciones de la naturaleza no tiene ningun fundamento. En efecto, todo cuanto se ha dicho sobre esto, antes de conocer la electricidad, es lo mas absurdo, y lo menos capaz de aclararnos el mas pequeño fenomeno del rayo.

Los filósofos antiguos lo atribuyeron á los vapores sulfureos y betuminosos, que subiendo de la tierra al ayre, se mezclaban con las nubes y allí se encendian por alguna causa no conocida.

Descartes, que conoció lo infundado de esta explicacion, imaginó otra causa en las nubes mismas; diciendo que el trueno procedia de que las nubes mas altas caian de repente sobre otras mas bajas, quedando el ayre entre ellas comprimido de manera, que causaba aquel gran ruido, y aun producia los relampagos y el rayo, bien que sin poder manifestar la posibilidad.

Sin detenernos en estas explicaciones falsas con que nada adelantamos, paso á decir á V. A. que se han descubierto pruebas ciertas de que los fenómenos de las tempestades van siempre acompañados de evidentes señales de electricidad.

Se coloca una barra de metal como por exemplo de hierro, sobre un pie de vidrio ó de otra materia cuyos poros son cerrados, a fin de que quando la barra adquiera electricidad no pueda escaparse ó comunicar con el cuerpo que sostiene la barra. Quando se levanta una tempestad, y las nubes vienen á estar encima de la barra, se advierte en ella una electricidad bastante fuerte, que por lo comun es muchisimo mayor que la que el arte produce. Si se acerca la mano ú otro cuerpo de poros abiertos, se ve salir no una chispa, sino un relampago vivisimo con un ruido semejante al del trueno: el hombre que acerca la mano, recibe un golpe tan violento que no lo puede resistir. Esto ya pasa de curiosidad, y es menester estar con gran cuidado, y no acercarse á la barra en tiempo de tempestad.

Un profesor de Petersburgo llamado *Richman* nos dió de esto un triste exemplo. Luego que se notó la estrecha conexion entre los fenomenos del rayo, y los de la electricidad, este desgraciado fisico, por asegurarse mas con la experiencia, puso una barra de hierro sobre el tejado de su casa me-

tida por abajo en un cañon de vidrio, y sostenida sobre una torta de pez. Ató á la barra un alambre que llegaba hasta su aposento con el fin de que en estando eléctrica la barra se comunicase la electricidad libremente por el alambre, y poder observar los efectos en su mismo aposento. Ya se entiende que el alambre no tocaba sino en materias de poros cerrados, como vidrio, pez, ó seda para que la electricidad no se escapase.

Esto dispuesto, esperó una tempestad, que por desgracia no tardó en venir. Oyese tronar á lo léjos: el señor *Richman* estuvo muy atento mirando su alambre por si descubria alguna señal de electricidad. Como la tempestad se acercaba, bien conoció que era menester tomar alguna precaucion, y no estar muy cerca del alambre; pero por descuido se acercó y recibió un golpe terrible acompañado de grande estallido, que le hizo caer muerto.

Por el mismo tiempo, el Doctor *Lieberkuhn* y el Doctor *Ludolff* quisieron aquí hacer de estos esperimentos, y con esta mira habian puesto barras de hierro sobre sus casas; pero luego que supieron el desastre del señor *Richman*, quitaron á toda prisa sus barras, y yo creo que hicieron muy bien.

Por aquí se viene en conocimiento de que el ayre ó la atmósfera se pone muy eléctrica cuando hay tempestad, o que el éter

de ella se halla entonces muy comprimido. Este éter que superabunda en el ayre, pasara á la barra, á causa de sus poros abiertos, y se pondrá eléctrica, como lo hubiera estado por el metodo ordinario, solo que lo estara en un grado mas eminente. = A 4 de Agosto de 1761.

CARTA 152.

Explicacion de los fenómenos del rayo.

Los experimentos de que acabo de hablar no dexan la menor duda de que las nubes tempestuosas son sumamente electricas, y que por consiguiente sus poros estan cargados o desnojados de éter, pues uno y otro conviene igualmente á la electricidad. Sin embargo tengo razones muy poderosas para pensar que esta electricidad es positiva, y que el éter está muy comprimido, estando de consiguiente mas elastico alli que en otra parte.

Semejantes tempestades no acaecen por lo regular sino despues de grandes calores: los poros del ayre y de los vapores que en

el se hallan, estan muy ensanchados, y llenos de gran cantidad de éter, que se apodera fácilmente de todos los espacios vacíos de las demas materias. Pero cuando los vapores se juntan en las regiones superiores de nuestra atmosfera formando nubes, encuentran allí muy vivo frio. De esto no puede dudarse por el granizo que se forma muchas veces en aquellas regiones, lo cual prueba que hay congelacion; y por la nieve que se encuentra sobre las montañas muy altas, mientras que al pie de ellas hace un calor excesivo.

Es pues indudable el gran frio que reyna en lo alto de la atmósfera donde se forman las nubes. Igualmente cierto es que el frio estrecha los poros de los cuerpos reduciendolos á menor volúmen; y como los poros de los vapores fueron muy ensanchados por el calor, luego que arriba forman nubes, se estrechan los poros, y no pudiendo escaparse el éter que los llenaba, porque los del ayre estan casi cerrados, es preciso que permanezca allí, y estará comprimido a un alto grado de densidad, siendo por consecuencia tanto mayor su elasticidad.

El estado de las nubes tempestuosas es pues que el éter contenido en sus poros está mucho mas elastico que de ordinario, o que las nubes tienen *electricidad positiva*. Como no son mas que un conjunto de vapores húmedos, sus poros estan bien abiertos, pero

hallándose rodeados del ayre cuyos poros son cerrados, el éter comprimido no podrá salir sino insensiblemente. No obstante, si alguna persona ó cualquiera otro cuerpo de poros abiertos se acercase, se verian los mismos fenómenos que en la electricidad: saldria una chispa muy grande, ó mas bien un rayo verdadero; ademas el cuerpo sentiria un golpe fuerte por causa del ímpetu con que el éter de la nube entraria en sus poros; y esta violenta conmocion podria muy bien destruir su estructura: finalmente la terrible agitacion del éter que se escapa de la nube, y que no solo es luz sino un verdadero fuego, seria capaz de encender ó de quemar los cuerpos combustibles.

V. A. reconocerá, pues, aquí todas las circunstancias que acompañan al rayo; y por lo que toca al ruido, es claro que estando el éter en tanta agitacion no puede el ayre dejar de recibir las mas vivas conmociones y de estremecerse fuertemente sus partículas, de donde nace un gran ruido. El rayo rebienta, pues, siempre que la fuerza del éter contenido en las nubes puede penetrar hasta un cuerpo en que el éter se halla en su estado natural, y cuyos poros estan abiertos: no es necesario que este cuerpo toque inmediatamente a la nube.

Lo que dije hablando de las atmosferas de los cuerpos electrizados, se verifica principalmente en las nubes; y muchas veces en

tiempo de tempestad sentimos esta atmósfera eléctrica por un ayre s f cante á que muchas personas son m y sensible : luego que la nube empieza á resolverse en lluvia, el aire se pone humedo y se carga de electricidad, por c yo medio la conmocion puede comunicarse a grandes distancias.

Se observa que el rayo cae por lo comun sobre los cuerpos m y elevados, como los campanarios, cuando estan hechos de una materia de poros abiert s, cual es el metal, á lo que no contribuye poco la forma puntiaguda. E. rayo cae tambien con frecuencia en el agua, cuyos poros son muy abiertos; pero los cuerpos de poros cerrados como el vidrio, la pez, el azufre, la seda, no los toca el rayo á no estar muy mojados. Por eso se observa, que cuando el rayo pasa por una ventana, no penetra por los vidrios sino por los plomos o el varinage que los junta. Casi se podria aseg rar que una casa de cristal, travado con pez y otras materias de poros cerrados, nos preservaria de los efectos del rayo. = A 8 de Agosto de 1761.

CARTA 153.

Continuáse la explicacion de los fenómenos del rayo.

El rayo no es otra cosa que el efecto de la electricidad de las nubes; y como un cuerpo electrizado que se acerca á otro en su estado natural, lanza una chispa con algun ruido y descarga en el el supérfluo de su éter con gran ímpetu, asimismo sucede con una nube eléctrica; pero con una fuerza incomparablemente mayor, á causa de la masa terrible electrizada en donde, segun todas las apariencias, el éter está reducido á mucho mas alto grado de compresion que la que podemos darle por medio de nuestras máquinas.

Cuando, pues, una de estas nubes se acerca á los cuerpos que pueden quitarle su éter, la descarga debe hacerse con terrible violencia: en lugar de una simple chispa, brillará en el ayre un gran relámpago, que conmoviendo el éter contenido en toda la region vecina de la atmosfera, producirá una luz muy viva.

Al mismo tiempo el ayre se pone en fuerte movimiento de vibracion, de que

resulta el ruido del trueno: éste se verifica én el mismo instante que el relámpago; pero ya sabemos que el sonido gasta cierto tiempo en transmitirse á alguna distancia, y que no corre mas que 1200 pies cada segundo, en lugar que la luz se comunica con una velocidad sumamente mayor. Esta es la causa de oirse el trueno mucho despues de que se ve el relámpago, y por el número de segundos que pasan desde ver el relampago hasta oir el trueno podemos conocer la distancia á que está el punto de donde sale el rayo, contando 1200 pies por cada segundo.

El cuerpo mismo en que se descarga la electricidad de la nube, recibe un golpe fortísimo: unas veces queda hecho pedazos, otras encendido y quemado si es combustible, y otras fundido si es un metal. Entonces se dice que está herido ó tocado del rayo, cuyos efectos, por extraños y singulares que parezcan, concuerdan exactamente con los fenómenos conocidos de la electricidad.

Se ha visto algunas veces que el rayo ha fundido una espada sin tocar la vaina en que estaba metida. La causa es la abertura de los poros del metal, por donde el eter penetra facilmenre y ejerce en él sus esfuerzos, mientras que la materia de la vaina pertenece mas á los cuerpos de poros cerrados que no permiten al eter [illegible] obre en ella.

Otras veces se ha visto que de varios

hombres sobre quienes á caido el rayo, algunos han sido tocados, sin padecer nada los que estaban enmedio. La causa de este fenomeno es tambien manifiesta. Aquellos hombres en cuyas cercanias está el ayre mas cargado de éter, se encuentran en el mayor peligro: luego que el eter se descarga sobre uno, todo el ayre cercano se reduce á su estado natural, y por consiguiente los otros mas cercanos á estos desgraciados no experimentan ningun efecto, mientras que otros mas distantes donde el ayre esta todavia suficientemente cargado de éter son heridos del rayo.

Por ultimo, todas las circunstancias singulares que nos cuentan a menudo, de los efectos del rayo, nada contienen que no concuerde perfectamente con la naturaleza de la electricidad.

Algunos filósofos han pensado que el rayo no venia de las nubes, sino de la tierra o de los cuerpos, ó que se engendraba en el mismo parage donde hacia el estrago. Por mas extraña que parezca esta opinion, no es tan absurda como se piensa; pues no es fácil distinguir en los fenomenos de la electricidad, si la chispa sale del cuerpo electrizado o del que no lo está, cuando llena igualmente el espacio entre los dos cuerpos. Si la electricidad es negativa, la chispa sale efectivamente del cuerpo que está en su estado natural de electricidad; pero tene-

mos bastantes pruebas de que las nubes tienen electricidad positiva, y que el rayo sale lanzado de las nubes.

V. A. tendrá mucha razon de preguntar si á cada relámpago cae un rayo sobre la tierra. Vemos en efecto que rara vez cae sobre los edificios ó sobre los hombres; pero tambien sabemos que los árboles son heridos á menudo, y que entran muchos rayos en la tierra y en las aguas. No obstante, yo creo que se puede pensar que muchos no penetran hasta acá abajo, descargandose muchas veces la electricidad de las nubes en el ayre ó de unas nubes en otras. La corta abertura de los poros del ayre no sirve de obstáculo, cuando los vapores y la lluvia lo han humedecido bastante, pues sabemos que entonces se abren los poros.

Puede muy bien suceder en este caso, que el éter supérfluo de las nubes se descargue simplemente en el ayre: y cuando esto se verifica, ni los rayos ni los truenos son tan fuertes como cuando caen sobre la tierra, que entonces se pone en agitacion mayor extension de la atmósfera.

Me parece que estas reflexiones no contribuirán poco á aclarar mejor la naturaleza del rayo, y manifestar su intima conexion con la electricidad. = A 11 de Agosto de 1761.

CARTA 154.

De la posibilidad de precaver é impedir los efectos funestos del rayo.

Se pregunta sino seria posible prevevenir o evitar los funestos efectos del rayo. Facil es conocer la importancia de esta qüestion, y quanto me deberian los hombres, si pudiese indicarles un medio seguro de guarecerse de los rayos.

El conocimiento de la naturaleza y efectos de la electricidad no me dexan duda de que la cosa es posible. En tiempos pasados estaba yo en correspondencia con un Eclesiástico de Moravia, llamado *Procopio Divisch*, quien me aseguró haber disipado, por todo un verano, todas las tempestades en el parage donde vivia y sus cercanías, por medio de una máquina construida segun los principios de la electricidad. Otras personas venidas despues de aquel pais, me han asegurado que el hecho era cierto y bien comprobado.

No obstante hay muchas personas que aun suponiendo la consecucion de este fin,

dudarian de si era lícito usar de tal remedio. Los antiguos paganos hubieran efectivamente mirado como impio al que intentase despojar del rayo a Júpiter. Los cristianos que creen que el rayo es obra de Dios, y que la divina Providencia se sirve de este medio para castigar la malicia de los hombres, pudieran tambien reputar de impiedad el querer oponerse á la soberana justicia.

Sin meterme en esta cuestion delicada, observo que los incendios, las inundaciones y otras muchas calamidades, son igualmente medios de que se sirve la Providencia para castigar los pecados de los hombres, sin que por eso piense nadie en imponernos la ley de no oponer ningun estorvo á los incendios é inundaciones. De esto infiero que es muy lícito guarecernos de los efectos de las tempestades, si podemos conseguirlo.

El desgraciado accidente del *Sr. Richmann* en Pstersburg, nos manifiesta que el rayo que dio sobre él, habria sin duda caido en otro parage que por este medio quedó libre. No es pues posible dudar de la posibilidad de dirigir el rayo a cierto parage determinado; lo que coincide con nuestro propósito.

Aun seria mucho mejor poder despojar las nubes de su fuerza eléctrica, sin tener que sacrificar algun parage al furor de los rayos, y aun entonces se evitarian los truenos que tanto asustan a las gentes. Todo

esto no parece imposible, y es lo que pudo hacer el eclesiástico de Moravia de que he hablado, pues me han asegurado que su maquina parecia atraher las nubes, y forzarlas á bajar tranquilamente en forma de lluvia, sin que se oyese trueno alguno sino á lo lejos.

El experimento de una barra de hierro elevada en alto, que se pone eléctrica al acercarse una tempestad, puede guiarnos á la construccion de una maquina semejante, pues sabemos que al paso que la barra se descarga de su electricidad, las nubes deben perder igual cantidad; pero es menester atender á que las barras se descarguen al instante de la electricidad que hayan adquirido.

Para ello se les deberia disponer libre comunicacion con un estanque o con lo interior de la tierra, para que el éter se distribuyese por todo el globo, y la compresion del éter no fuese sensible en ninguna parte. Esta comunicacion es muy facil de conseguir por medio de cadenas de hierro, ó de laton que daran libre paso al éter de que se carguen las barras.

Yo aconsejaria de poner en parajes muy altos, grandes y aun muchas barras de hierro, cuyo extremo superior terminase en punta, por ser esta figura muy propia para atraher la electricidad. De estas barras habria que saliesen largas cadenas de hierro,

que fuesen á parar por debajo de tierra á un estanque, lago o rio para que allí se descargase la electricidad; y no dudo que en haciéndose varias rentativas se descubririan medios de hacer estas maquinas mas comodas y mas seguras.

Es muy claro que al acercarse una tempestad, el éter de que estan cargadas las nubes pasaria en abundancia á estas barras, y de ellas a las cadenas hasta llegar a distribuirse por el agua y por toda la tierra.

El éter de las nubes continuaria, pues, entrando en las barras, y su agitacion daria una luz que se veria en sus puntas.

Semejantes luces se observan durante una tempestad en lo alto de los campanarios: prueba cierta de que el eter de las nubes se descarga poco á poco, y todos miran esto como buena señal que evita muchos rayos.

Tambien se observan en el mar en lo alto de los mástiles ciertas luces que son conocidas de los marinos con el nombre de *Castor y Polux*; y en viendo estas señales se creen libres de los rayos.

La mayor parte de los filósofos han contado estos fenomenos entre el numero de las supersticiones del pueblo; pero ahora conocemos que estas opiniones no carecen de fundamento, antes al contrario estan mas fundadas que la mayor parte de los sueños de los filosofos.—A 15 de Agosto de 1761.

ADICION.

De la electricidad atmosférica.

Siempre se ha de tener presente para apreciar los descubrimientos y darles nombre de tales, que no es lo mismo conjeturar que probar y demostrar. Podemos muy bien sentar una proposicion por un capricho u ocurrencia; pero si no la probamos y demostramos no puede graduarse de descubrimiento; en lugar que el que venga y la pruebe, y determine la cantidad de los efectos, ese es el descubridor. Por esto no debe juzgarse que Mr. Wall hubiese hecho un descubrimiento cuando dijo que la luz y el ruido del ambar frotado, parecian en cierto modo representar el relámpago y el trueno; como tampoco puede graduarse de tal lo que Mr. Grai y otros dijeron sin prueba alguna.

Del mismo modo podria decirse que los antiguos conocian la identidad del rayo con el fluido electrico, por cuanto Herodoto dice que los Tracios desarmaban al cielo de los

rayos tirando flechas al aire, y los Hiperbóreos lanzando hácia las nubes las picas, guarnecidas con un hierro agudo.

Véase aquí otra practica bastante antigüa sin conocimiento de la causa, y pertenece al mismo objeto. En el castillo de *Duino* situado en el Friuli, en las playas del mar Adriático, hay una pica colocada verticalmente con la punta hácia arriba. En el verano, cuando el tiempo esta tempestuoso, el soldado que hace centinela, acerca al hierro de la pica el hierro de vna alabarda que tiene siempre de prevencion para el efecto; y si ve que el hierro de la pica centellea, ó que de la punta de la pica sale una especie de luz, toca una campana para avisar á la gente del campo y pescadores, que amenaza tempestad. La antigüedad de esta practica está probada por la tradicion constante y unánime del pais, y por una carta del Padre Imperati, benedictino, del año 1602: en la cual decia, hablando de esto: *igne & hasta hi mire utuntur ad imbres, grandines procellasque præsagiendas tempore præsertim æstivo* (a).

El Abate Nollet es quien ha hablado mas positivamente de la analogia del rayo con la electricidad. En 1748 dijo: "Si alguno emprendiera probar por medio de una

(a) Memoir. de l'Acad des Scienc. de Paris 1764.

comparacion seguida de los fenómenos que el rayo es, en las manos de la naturaleza, lo que la electricidad entre las nuestras; que estas maravillas de que disponemos á nuestro arbitrio, son unas imitaciones en pequeño de los grandes efectos que nos atemorizan, y que todo ello depende de un mismo mecanismo; si se hiciera ver que una nube preparada por la accion de los vientos, por el calor, por la mezcla de las exhalaciones, es respecto de un objeto terrestre, lo mismo que el cuerpo electrizado en presencia y á cierta distancia del que no lo esta; confieso que esta idea, si estuviese bien apoyada, me satisfaria mucho; y para apoyar a ¿cuantas razones especiosas no se presentan al que esta impuesto en la electricidad? La universalidad de la materia eléctrica, la prontitud de su accion, su inflamabilidad y su actividad para inflamar otras materias; la propiedad que tiene de obrar en los cuerpos exterior é interiormente hasta en sus menores partes; el exemplo singular que tenemos de este efecto en la botella de Leyden; la idea que legitimamente podemos formar, suponiendo un grado mayor de virtud eléctrica &c.: todos estos puntos de analogia que yo medito hace algun tiempo, empiezan a persuadirme de que se podria, tomando por modelo la electricidad, formarse ideas de los rayos y relam-

pagos, mas claras y verosimiles que todo cuanto se ha imaginado hasta ahora" (a).

Franklin en Filadelfia comparaba tambien los efectos de la electricidad con los del rayo, y viendo que convenian en cuanto se habia podido observar, sentaba como probable que convendrian en los demas. Mas todo esto no pasaba de congetura hasta que el célebre *Buffon* concibio el proyecto de verificarlas con grandes ventajas para averiguar la naturaleza del rayo.

Los primeros cometas que se elevaron en el ayre con esta mira, fueron el de Mr. de Romas en Francia, y el de Mr. Franklin en Filadelfia, con cuyo motivo se suscito la disputa de quien era el inventor de este aparato. Los ingleses lo atribuyen á Franklin, pero la Academia de las ciencias de Paris, cotejando hechos y fechas decidió la cuestion a favor de Mr. Romas en estos terminos: "que Mr. de Romas habia tenido esta idea, y la habia comunicado á varias personas, cerca de un año antes que Franklin ó el mismo la hubiesen puesto en practica; y que no parece que haya tomado de nadie la idea de aplicar el cometa á los experimentos electricos."

Mr. de Romas hizo un cometa de ocho pies de largo, y tres y medio de an-

(a) Leçons de Physique experim. t. iv.

cho, el que echó al ayre el 14 de Mayo de 1753; pero aunque el cometa estaba bien aislado no pudo sacar ninguna chispa, á causa de que la cuerda de cáñamo no estaba bien mojada, ni era buen conductor. En vista de esto, puso sobre ella una especie de entorchado de hilo de cobre, y el 7 de junio volvió á echar el cometa, el que logro mantener en el ayre con toda la cuerda que era de mas de 300 varas de largo; y como esta formaba con el orizonte un ángulo de unos cuarenta y cinco grados, se sigue que el cometa estaba á la altura de unas 220 varas de la tierra. Tomadas las disposiciones para aislar el cometa, y poder sacar las chispas, las sacó en efecto, y lo mismo hicieron otros espectadores. Tras esto Mr. Romas fue a sacar una chispa con un dedo, y sintió tal conmocion que los que estaban presentes notaron su violencia en los movimientos convulsivos que advirtieron.

Despues de esto se acercó mas la nube, y teniendo alguna fuerte descarga de electricidad no se sacaron las chispas, sino con un excitador. De esta manera sacó algunas a la distancia de seis pulgadas; y luego, añade, "puedo decir que no eran chispas las que salian, sino rafagas de fuego que venian de la distancia de mas de catorce pulgadas de largo y tres lineas de diametro, y cuyos estallidos se oian á mas de

doscientos pasos. Al mismo tiempo sintió en el rostro una impresion como de telaraña, lo que le obligó á irse retirando por temor de alguna explosion. Habiendo luégo echado la vista á un tubo de hoja de lata, suspendido de la cuerda que distaba una vara de la superficie de la tierra, vió tres pajas, la una de mas de un pie de largo, las quales estaban derechas y daban vueltas al rededor por debajo del tubo. La paja mas larga fue atraida por el tubo de oja de lata, de donde resultó una explosion con tres estallidos, no tan fuertes como el del trueno, pero unos los compararon al cruxido de un latigo, y otros á los petardos de los fuegos de pólvora.

El fuego que se vió al tiempo de esta explosion tenia la forma de un uso de nueve pulgadas de largo, y quatro ó cinco de diametro. La paja que ocasionó esta explosion subió por la cuerda del cometa con suma rapidez hasta mas de cien varas, y ya se la veia atraida, ya repelida, con la circunstancia que quando era atraida por la cuerda, se veian rafagas de fuego, y se oian estallidos continuos, aunque no tan fuertes como los primeros.

Despues se vieron y oyeron otras dos explosiones, y debe notarse que desde la primera explosion hasta que bajó el cometa, no se vió [illegible] ni casi se oyeron truenos, [illegible] fue

así luego que se cayo el cometa: 2.º que se percibio con distincion el olor fosforico que es propio del fluido eléctrico: 3.º que al rededor de la cuerda aparecia un cilindro de luz permanente de unas cuatro pulgadas de diámetro: 4.º y en fin, concluido todo, se vió en el suelo, debajo del tubo de oja de lata un agujero de una pulgada de profundidad y media de ancho, el cual probablemente fue producido por las explosiones mencionadas antes (*a*). Mr. de Romas repitio estos experimentos en distintas ocasiones, y sobre todo en 16 de agosto de 1757 fue cuando logro ver suma abundancia del fluido eléctrico, manejandolo con un excitador á su voluntad las ráfagas de fuego de mas de dos varas de largo.

El P. Beccaria en Turin, Musckenbroeck en Leiden, Kinnersley, el principe de Gallitzin, Van-Swinden y otros repitieron estas observaciones con el cometa, y de todas ellas resultó la genuina esplicacion de varios fenomenos de la naturaleza.

Lo primero que se infiere es, que una nube tempestuosa está cargada de fluido eléctrico, el cual tira siempre a ponerse en equilibrio, y va a dar sobre los objetos que están á proporcionada distancia, como otras nubes mas o menos altas, las cimas de los

(*a*) Memoir. des Savants etrangers tom. II.

montes, torres, veletas, campanarios, casas, árboles y á veces sobre la tierra misma; de manera que el rayo no es mas que una chispa eléctrica. De esta suerte quedan explicadas todas las particularidades que se observan en los rayos, que antes se miraban con asombro y como caprichos de la naturaleza, cuando ahora se ve que son efectos sencillísimos de las leyes de la naturaleza en la electricidad. Cae un rayo en una casa, y sigue los cuerpos conductores, como metales, materias doradas, plomos de vidrieras, y no toca a vidrios, sedas ni otros cuerpos idiolectricos. Cae un rayo sobre un centinela, entra por la punta de la bayoneta y sale por la culata del fusil sin tocar al cuerpo del hombre, porque halló un conductor por donde pasar a la tierra. Esto mismo explica otros muchos hechos que han sido la admiracion de otros siglos, contando entre ellos el fundirse la hoja de una espada, o el dinero, quedando intacta la vaina ó la bolsa; de lo cual hacen mencion varios autores antiguos, y señaladamente Lucrecio, Plinio y Séneca. Este último dice que el rayo funde el dinero sin quemar la bolsa: que funde la hoja de una espada sin tocar á la vaina; que derrite el hierro de una javalina sin hacer daño a la madera (*a*). Mareto en sus notas a Séneca dice,

(*a*) Natur. Quaest. lib. II. cap. 31.

haber visto esto mismo, habiendo caido un rayo en el palacio del cardenal Hipolito de Ferrara, el cual entró en su mismo cuarto. *Ibi gladii qui ad lectum unius è famulis meis pendebat, mucronem ipsum ita colliquefecit, ut in globulum converterit, vagina prorsus illæsa.* Este hecho que otros muchos han presenciado se esplica por los principios de la electricidad que sigue los conductores como lo es la hoja de la espada.

La misma causa que hay para que el rayo salga de la nube y venga a la tierra, la hay tambien para que el rayo salga de la tierra y suba a una nube, siempre que haya en la tierra superabundancia de electricidad, y la distancia de la nube sea proporcionada. En efecto, hay rayos *ascendentes*, y el Marques de *Maffei* fue el primero que lo observó en 1713. Despues los han observado otros muchos y yo mismo los he visto subir; de manera que este hecho no admite duda, ademas de ser consiguiente a los principios de la electricidad.

Conocida la naturaleza del rayo, y sabido que las nubes tempestuosas estaban cargadas de electricidad, se pensó que poniendo unos conductores por donde se descargase este fluido, quedaria la nube despojada de él y sin facultad de despedir rayos. Esta sublime idea no se le ha disputado a Franklin. De aqui se infiere, que unos globos aërostaticos de corto tamaño,

de los cuales colgase una cadenilla metálico, podrian despojar de mucha o toda la electricidad superabundante á las nubes tempestuosas.

Los *pararayos* puestos en los edificios, los deben, pues, preservar de los estragos del rayo. Reducense a una barra de hierro que remata en *punta* por la parte superior, y esta colocada en lo alto del edificio, prolongada sin *interrupcion* hasta la tierra, yendo a parar a un pozo donde haya agua ó humedad. He dicho que la barra ha de rematar en punta, sin detenerme a hablar de la controversia que se suscito en otro tiempo sobre si era mejor la punta ó el globo, porque no se concibe como se haya podido disputar sobre esto, teniendo un regular conocimiento de los experimentos eléctricos.

Los pararrayos se han ido multiplicando en todas partes, ya en edificios publicos ya en particulares. Se han aplicado a los navios donde pueden ser terribles los efectos del rayo; y se van colocando en todos los almacenes de polvora, donde tambien son muy necesarios para evitar las catastrofes de que hay muchos ejemplos. Un rayo que cayó en el almacen de polvora de Brescia, en 1760, causó casi la total ruina de la ciudad, y perecieron tres mil personas. Este es el lugar de decir algo de la opinion recibida entre los fisicos de ser pernicioso el uso de tocar las campanas cuando hay tempestad,

esta es una opinion que se ha hecho general, tal vez sin bastantes pruebas.

Cuando hay tempestad no es acertado ponerse debajo de los arboles, ni en edificios altos con torres, veletas y campanarios. El que se eche en una cama de madera con colchones de lana ó pluma, y sobre todo, con cubierta de seda, está seguro fisicamente de que le hiera el rayo. Los aposentos colgados de sedas con esteras o alfombras estan mas libres de los efectos inmediatos del rayo que los que no las tienen; bien que los dorados de medias cañas, de espejos y otros adornos son conductores electricos.

Esta misma electricidad que hay en la atmósfera, particularmente en tiempos tempestuosos, explica los fenomenos de la luz que en varias ocasiones ha aparecido en las puntas de las lanzas y otras semejantes, que refieren Seneca, Procopio, Plinio y Cesar en sus comentarios. Pertenece tambien aqui la explicacion del fuego de San Telmo, ó Castor y Polux, que aparece en el extremo de los palos de los navios: esta luz es efecto de la electricidad que se descarga por dichos palos, los cuales cuando estan mojados forman unos buenos conductores.

Igualmente piensan los fisicos en el dia que las estrellas errantes o cayentes, que son aquellos fuegos que suelen verse correr por el aire, sobre todo en el otoño, y que el vulgo cree que son estrellas que corren de una

á otra parte, no son otra cosa que globos de flúido electrico; bien que algunos opinan que son dimanadas de algun gas inflamable que se enciende, ya por la electricidad o por otra causa.

Los *fuegos lambentes* son aquellos que suelen verse en la cabeza de las personas, sobre la clin de los caballos y de otros animales de pelo. Estos se producen al tiempo de peinar los caballos ó frotar el pelo de los animales, y son efectos de la electricidad.

Los terremotos se cree que proceden de la electricidad, y á la verdad no se conoce otro agente capaz de producir tan varios y terribles efectos. En todos tiempos los han experimentado los pueblos, desde la mas remota antiguedad. Cerca de 500 años antes de la era cristiana quedó destruida Lacedemonia por un terremoto, se abrieron varias bocas en la tierra, y se tragaron mas de veinte mil habitantes. En los años siguientes se sintieron en Roma, en Delos, la Atica, Beocia y Tracia. Tuncidides cuenta, que en tiempo de la guerra del Peloponeso entre las republicas de Atenas y de Esparta, hubo un terremoto que sumergió toda ó la mayor parte de la isla de Atalante. Lo mismo sucedio a la ciudad de Sion y otras; y el puerto de Rodas quedo destruido por un terremoto. En el consulado de Regulo y Virginio, el año 63 de la era cristiana, hu-

bo un fuerte terremoto en les cercanias del Vesubio, de cuyas resultas quedó sepultada la ciudad de Pompeya, y destruida en parte Herculano, la cual en el año 79 quedó enteramente debajo de tierra. En este año fueron muy repetidos los terremotos que precedieron á la famosa erupcion en que pereció Plinio el mayor, el cual habia ido de Misena o Estuvia para observar de cerca este fenómeno. Plinio el menor en la carta en que cuenta á Cornelio Tacito la muerte de su tio, dice, que las casas parecian arrancadas de sus cimientos é impelidas, ya á un lado ya a otro, y vueltas á poner en su sitio. Hablando de estas ruinas ocasionadas por los terremotos, decia Seneca: "hoy se navega sobre ciudades que nuestros mayores conocieron, y cuya memoria y conocimiento han transmitido á nuestro siglo los historiadores" Cuantas otras hay que han sido sumergidas en otros parages. Así han desaparecido ciudades, montes, rios, y tambien se han formado nuevas islas; pero puede á esto decirse con Seneca: no debe sorprendernos que la tierra tiemble, sino que subsista.

A estos hechos pudieran agregarse otros muchos de tiempos antiguos, de otros mas modernos, y algunos recientes. En 1755 acaeció el terremoto de Lisboa, que se sintió en casi toda la Europa, y en los años de 1803 y 1804 han afligido los terremotos

violentos á la costa y pueblos del reino de Granada, sintiendose algunos de ellos al mismo tiempo en varias partes de España, y habiendo sido frecuente este fenomeno en Europa y Asia en estos años.

Si á los efectos grandes y espantosos de los terremotos, se agrega la grande distancia á que muchos se extienden, el ruido y demas circunstancias que los acompañan, se concebirá que ni el fuego, ni los azufres, ni los betunes, ni los gases pueden ser causa suficiente de ellos. El Dr. Stukeley fue el primero que atribuyo estos efectos á la electricidad, cuya opinion apoyo el P. Becaria.

Como los terremotos acompañan siempre y aun son los precursores de las erupciones de los volcanes, opinan muchos que estos son producidos por el fluido eléctrico. La nueva teoria de Mr. Patris en que se intenta probar que la lava que arrojan los volcanes se forma allí mismo de la combinacion de varios gases que se desprenden, lejos de oponerse puede apoyar la idea de que en la formacion de tantos materiales hay un proporcionado desprendimiento de fluido electrico, el cual corre por varias partes á equilibrarse.

Hay muchísimos volcanes que están ya apagados, y de los que arden ó se ven todavia sin apagar se conocen 76; a saber, 4 en Europa, 24 en Asia, 3 en Africa é

islas adyacentes, 40 en América y cinco en las islas del Océano pacífico.

La explicacion de los terremotos y volcanes por medio de la electricidad dió idea el Abate *Bertholon* de proponer unos *para terremotos* que disipasen la electricidad y preservasen de ellos á los pueblos. El medio que este autor proponia era meter en la tierra lo mas que sea posible, unas grandes barras de hierro, quedando un extremo fuera, y que tuviesen por ambos extremos varias puntas divergentes á fin de que diesen paso á la electricidad y se disipase en la atmósfera (a).

Los antiguos creyeron que el abrir pozos profundos era un preservativo de los terremotos. Plinio dice que las frecuentes cavernas, muy propias para dar salida al espíritu sutil que causa los terremotos, son un medio de precaverlos; y que esto se advierte en varias ciudades, las cuales están menos sujetas á terremotos, desde que se han formado en ellas varios agujeros (b). Los primeros Romanos abrieron pozos profundos para preservar el antiguo Capitólio de los funestos efectos de los terremotos; y en efecto lo lograron. En la cercania de la ciudad de Granada hay muchos de estos

(a) De l'elect des meteores. t. 1. p. 405.
(b) Natural. hist. lib. 2; cap. 79.

pozos de tiempo inmemorial, y es allí opinion comun de que se abrieron para preservarse de terremotos, y tambien creen algunos que la frecuencia de ellos en este siglo, depende de haberlos ido cegando.

Las mangas ó *bombas* producen en la mar terribles efectos. Son muchas las que han observado los marinos, y solo citaremos aquí la que se halla descrita en el segundo viage del capitan Cook, donde se hace mencion de varias. Se vió una en cuya base se formaba un tubo ó columna redonda, por donde el agua o el ayre, ó todos juntos subian en espiral hasta lo alto de las nubes. Algunas personas del navío dijeron haber visto un pajaro en una de las bombas cercanas á nosotros, y que al subir daba vueltas al rededor. Cuando se disipó la última manga, se vió un relampago sin trueno. Estas mangas que comunicaban con el mar y con las nubes, nos llenaban de admiracion y de terror. Algunas de ellas parecia que estaban quietas; otras veces se movian con variedad ya a un lado ya á otro y siempre en linea curva. Por el movimiento de ascension del pájaro citado, y por otras circunstancias, juzgamos que en estas mangas subia el agua y no bajaba. Empiezan a formarse con una violenta agitacion y elevacion del agua: poco despues se ve bajar de la nube que esta encima una columna ó cañon que *al parecer* llega

hasta el agua. Digo al parecer, porquè creo que el agua agitada es la que forma este cañon, el cual no se ve al principio por ser muy pequeño ó delgado. Luego que el cañon está formado ó es visible, se advierte que se aumenta bastante, y luego va disminuyendo ó se rompe, o queda invisible por la parte inferior. Despues la mar vuelve á su estado natural, y las nubes atraen poco á poco el cañon hasta que se disipa enteramente.

Hay tambien muchos ejemplos de mangas terrestres, las cuales han producido terribles efectos, arrancando árboles, y haciendo otros destrozos. Unas y otras las creen los físicos del dia producidas por la electricidad, como tambien varios otros meteoros en que no nos detenemos por no ser mas largos.

El 10 de mayo de 1752 hubo una tempestad, y el aparato de Marly-la-Villa dió indicios bastantes de electricidad. Todo lo ocurrido en este memorable ensayo está descrito en una memoria de Mr. Daliban, leida á la academia de las ciencias de Paris el 13 de mayo de 1752. En vista de esto varios físicos colocaron en sus casas otras barras de hierro semejantes, y vieron iguales efectos.

Sabedor de ello Mr. Lemonier colocó una barra de hierro de cerca de trece varas de alto en un prado, dejandola aislada. El

7 de junio de 1752 habiendo precedido un relámpago y un trueno, Mr. Lemonier sacó una chispa del conductor, y sintió una conmocion semejante á la de la botella de Leyden, lo que repitió varias veces por espacio de cinco horas que duró la tempestad. Los experimentos que se hicieron no dejaron duda de que la materia del rayo era la misma que la que suministraba la máquina eléctrica (1).

Romas y Cassini de Thury comprobaron estos hechos; y el P. Bertier repitio el experimento en Montmorency, y recibió tan fuerte conmocion que cayó al suelo. En Inglaterra se repetian tambien estas pruebas (2) con igual éxito, y por este tiempo acaeció la muerte desgraciada de Mr. Richman, de que ya ha hablado nuestro Euler. Igualmente concurrieron á comprobar estos efectos varios físicos de Italia, y entre ellos el abate Becaria.

De estos ensayos se paso á otros mas decisivos todavia, y tales fueron los que se hicieron con las cometas, que hasta entonces no habian servido sino para juego de muchachos;

(1) Memoir de l'Academ. de Scienc. de Paris, 1752.
(2) Philosohic Transact. vol. 47.

ADICION

Sobre la electricidad médica.

La electricidad tiene sin duda mucho influjo en el cuerpo humano y en sus enfermedades; pero la medicina ha hecho pocos progresos en esta parte. La mayor parte de los médicos, sin ningun principio de fisica, ó no han querido observar los efectos de la electricidad en la economía animal, ó la han aplicado sin tino ni inteligencia, desacreditando su uso.

El abafe Nollet habia dicho que algunos enfermos habian experimentado alivio con el uso de la electricidad. En 1747 Mr. Jallabert anunció haber curado *completamente* á un cerragero que tenia paralitico el brazo derecho, bien que despues se aseguró que este hombre volvió á adolecer del mismo mal. Mr. Sauvage electrizó varios paraliticos con suceso vario. El doctor Bohadeth, medico de Bohemia, pensaba que la *hemiplexia* es la enfermedad á que mas conviene la electricidad, y cree que puede ser util en las calenturas intermitentes(1). En 1757 Mr. Brydone curó una muger que hacia dos años que estaba paralitica; y Geodefroi Teske dice haber curado á un

(1) Philos Frans. vol. 47, pág. 351.

jóven de veinte años de edad, el cual no hacia uso de un brazo desde la edad de cinco años. El doctor Hart dice tambien haber hecho otra cura semejante en 1756 (1). El doctor Watson cuenta haber curado enteramente á una niña de siete años acometida de la horrible enfermedad que llaman *Tetano* (2).

Por el contrario, hay tambien muchos casos en que el uso de la electricidad ha producido malísimos efectos. El doctor Hart refiere uno de una muchacha paralítica que tuvo varias recaidas cada vez mas fuertes, y al fin se quedó en peor estado. El doctor Franklin confiesa no haber logrado buenos efectos con la aplicacion de la electricidad á los paralíticos, y sobre todo no consiguió una curacion durable y permanente; pero añade que acaso se consiguiera si á esto acompañára el uso de otros remedios, bajo la direccion de un hábil medico.

Es cierto que no hay suficientes conocimientos del modo de obrar de la electricidad en el cuerpo humano, y no es extraño que su aplicacion haya producido efectos buenos y malos; asi es, que unos han curado de la sordera, y otros han quedado mas sordos.

Mr. Lovet parece que consiguió muy

(1) Philos. Trans. v. 49.
(2) Philos. Trans. v. 53.

buenos efectos en la aplicacion de la electricidad; asegura que siempre alivia los dolores violentos de cualquier clase que sean; y que el dolor de muelas cesa en el instante mismo; cita muchos casos de enfermedades varias curadas por este medio, sin que jamas la electricidad haya ocasionado ningun mal, y cree que cuando esto ha sucedido, es por el mal modo de administrarla, como le sucedió al doctor Hart que á un paralítico le agravó el mal por darle violentas conmociones. Asi es, que Mr. Lovet aconseja que se empiece por la simple electrizacion o baño eléctrico, sobre todo en los casos histéricos, que despues se pase á sacar chispas, y luego á dar conmociones moderadas, y nunca violentas ni dolorosas. Mr. Wesley refiere tambien muchas y muy particulares curaciones operadas con la electricidad; mas como este autor asi como Lovet no eran médicos han pensado algunas personas que su autoridad no merecia entera confianza.

Sin embargo el célebre médico Antonio de Haen, que por espacio de seis años hizo uso de la electricidad en la medicina, la miraba como uno de los recursos mas preciosos del arte de curar, y dice expresamente, que sin embargo de que muchas veces se ha aplicado sin fruto, otras ha suministrado socorros, cuando todos los demas remedios hubieran sido inútiles. En

su libro intitulado *Ratio medendi* trae el resultado de sus observaciones. Por lo que hace á la perlesía dice, que jamas ha causado la electricidad daño alguno: que una ó dos personas que no habian experimentado alivio en seis meses, lo tuvieron continuando con el uso de la electricidad: que algunos despues de haber experimentado alivio volvieron á recaer; pero que sanaron, aunque lentamente, volviendo á usar la electricidad. Mr. de Haen aplicaba la electricidad por media hora lo menos, y parece que no daba conmociones sino muy débiles, añadiendo siempre algunos otros remedios que no hubieran obrado efecto sin ella.

Otros muchos ejemplos pudieran citarse, ya en favor, ya en contra de la electricidad, los que se omiten en este lugar, así como los aparatos e instrumentos que se han inventado para aplicar la electricidad á la medicina. De todas estas opiniones pudiera inferirse, que la electricidad debe de ser un remedio precioso; pero que faltan conocimientos para aplicarla con seguridad, á lo que probablemente se llegará algun dia, cuando algunos atentos observadores de la naturaleza hayan escudriñado este arcano. En comprobacion de esto, puede citarse lo que se lee en una obra de física moderna (1). Este autor

(1) Elementos de Física experimental, com-

hablando de la causa de las convulsiones dice asi: »las observaciones y experimentos que tengo presentados al real colegio de cirugía, de que tengo el honor de ser miembro, prueban hasta la evidencia que estos desarreglos de la economía animal son efectos de un perturbado proceder de la naturaleza, en que desenvuelve tumultuariamente el fluido eléctrico. No referiremos por menor nuestro modo de pensar, ni el cómo con los deselectrizantes hemos curado á muchos convulsos, porque seria repetir lo que se dirá en las memorias de dicho colegio cuando se publiquen, y por considerarlo ageno del instituto de esta obra."

El mismo don Antonio Cibat tenia varias observaciones sobre esta materia; y creyendo este físico que el movimiento muscular natural y ordenado es efecto de la arreglada circulacion del fluido eléctrico animal, y de que de su desarreglo resultan las convulsiones, decia haber logrado aliviar y curar á muchos convulsos á beneficio de los deselectrizantes. Este punto es tan digno de atencion por su utilidad, que no puedo dejar de apuntar algun hecho. Una señorita que padecia á tempora-

puestos por don Antonio Cibat, doctor en Medicina y Cirugia, &c. Barcelona 1804, tom. 1, pág. 357.

das ciertas convulsiones, las cuales le repetian con frecuencia por espacio de ocho ó diez dias, no hizo mas remedio que ponerse en las manos cuando se acostaba unas cadenas que fuesen á dar en una cofaina de agua. Empezó á usar este remedio la noche en que esperaba la segunda repeticion de las covulsiones; pero nada sintió ni aquella noche ni en los dias siguientes. Este caso es moderno respecto de otros que cita el autor, y de ellos pondremos tres.

Primero: un hijo de don Cayetano Font y Closas, cónsul de su magestad la reina de Etruria, residente en Barcelona, padeció en tiempo que tenia una úlcera muy estendida sobre el esterno ó tabla del pecho, resultante de una quemadura, unas convulsiones generales tan activas y fuertes, que por su duracion y gravedad los facultativos é interesados llegaron á desesperar de su alivio y curacion. En una situacion tan crítica se aisló la úlcera con sustancias resinosas, y se dieron unos baños de agua fria por inmersion, y aplicaron dos cadenas de metal, la una en un brazo y la otra en un pie, que colgando de la cama iban á parar á una cofaina medio llena de agua.

Estos medios tan sencillos ayudados despues de unas ligeras friegas de ungüento de mercurio terciado, que es un poderoso modificador del poder eléctrico ó ais-

lante que tiene la membrana que envuelve los músculos, fueron suficientes para contener las convulsiones y dar con sorpresa la vida á una criatura que se contaba ya entre los muertos. Don Pedro Bandarell, corredor de cambios de la misma ciudad, á la hora ó hora y media de estar en la cama sufria un violento sacudimiento ó conmocion, y pasaba el resto de la noche en convulsiones; pero no ha vuelto á padecerlas desde que al acostarse se aplica las cadenas de metal en los brazos y piernas en la forma expuesta. Tercero: una labradora de san Andres de Palomar, de resultas de una herida de cabeza padecio una convulsion crónica general y otra tónica de los músculos de la mandibula inferior, que no le permitia abrir la boca, y con dos cadenas de hierro que se le aplicaron en los brazos y pies se la quitaron instantáneamente las convulsiones crónicas generales; y á beneficio de unos paños de agua fria que se le pusieron en la mandibula y cuello, cedio sucesivamente la convulsion tonica de estos músculos.

ADICION.

Hipótesis sobre la electricidad.

Nuestro autor censura á los fisicos por

no haber dado una explicacion clara de los fenómenos eléctricos, y por haber supuesto un fluido á que le atribuyen propiedades muy extrañas; pero no consigue en realidad aclarar la materia, pues el *etér* que supone el autor está sujeto á muchas dificultades, ademas de no estar bien probada su existencia. Los físicos han visto, que los fenómenos electricos los producia un fluido, y hasta aqui el mismo Euler conviene en ello. En cuanto al modo de obrar de este fluido han variado las opiniones, y las hipótesis que se han hecho, de las que anotaremos aquí las principales, que son tres, la de *Fraklin* la de *Symner*, y la de *Coulomb*.

Segun *Franklin* los fenomenos eléctricos son producidos por un fluido sumamente sutil, que se difunde y equilibra en todos los cuerpos: sus particulas se repelen entre sí, pero los demas cuerpos las atraen mas ó menos. Cuando esta materia electrica esta en equilibrio en un sistema de cuerpos, no hay fenómenos eléctricos; pero luego que se acumula o se disminuye en alguna parte, el cuerpo está electrizado, y aparecen los fenómenos eléctricos, siendo efectos del paso del fluido para equilibrarse.

Segun *Roberto Symmer*, hay dos materias electricas, las cuales se atraen una á otra; al mismo tiempo que las partículas de cada una de ellas se repelen entre sí. La reunion de ambas se llama *electricidad com-*

binada, y produce el estado de equilibrio: su desunion produce el estado eléctrico. La una ocasiona los fenómenos de la eletricidad vitrea o positiva; y la otra los de la electricidad resinosa ó negativa.

No nos detendremos mas en estas hipótesis, y pasaremos á indicar las observaciones de Mr. Coulomb, que dan á conocer las leyes de la accion del fluido eléctrico, lo cual es en esta materia, como en las demas de la física, lo mas importante y mas útil.

Para esto es preciso, ante todo, dar á conocer el instrumento de que se ha valido Mr. Coulomb, y á que ha llamado *balanza eléctrica*. Este instrumento está fundado en otras observaciones del mismo autor, acerca de la fuerza de torsion de los hilos de metal, y de las cuales resulta que la fuerza de torsion, o la fuerza necesaria para torcer un hilo de metal es proporcional al angulo de torsion; esto es, á la vuelta que se le da; de manera que se necesita doble fuerza para darle dos vueltas, triple para tres, &c.

Sentado esto, se pone un hilo de plata muy fino, que esté fijo por arriba, rematando en una aguja horizontal que señale los ángulos; y por abajo tiene una aguja de goma laca, que es un cuerpo que no da paso a la electricidad; la cual aguja está horizontal, y en uno de sus extremos tiene encolado un circulillo de papel dorado. Hay ademas una bola de cobre, tambien aislada

por medio de un mango de goma laca, la cual se coloca de manera que venga junto al circulillo de papel dorado; tal es la balanza eléctrica. Si ahora se comunica electricidad á la bola, esta la da al circulillo de papel, el cual se aparta y tuerce el hilo de plata. Dando luego vuelta á la aguja superior en sentido contrario para acercar el circulillo de papel á la bola, se miden los ángulos de torsion, y se sacan los resultados que prueban, que la fuerza de la electricidad en las repulsiones y atracciones esta en razon inversa del cuadrado de la distancia.

Biot en sus notas á la fisica mecánica de Fischer, dice con mucho juicio lo que sigue: « Se supone que los fenómenos electricos »son efecto de la accion reciproca de dos fluidos invisibles y perfectamente elásticos, »cuyas propiedades son que las moléculas de »cada uno de ellos se repelen entre si, y »atraen las del otro, en razon inversa del »cuadrado de las distancias. Con esta hipotesi, que no se ha de mirar como real y ver»dadera, se representan todos los fenomenos »electricos, y aun se pueden sujetar mu»chos a un calculo riguroso; pero no debe »considerarse esto, sino como un medio co»modo de explicarlos, y solo se puede infe»rir de ello, que los fenomenos se verifican »como si fuesen producidos por dos fluidos »dotados de las propiedades mencionadas; »porque la verdadera naturaleza de la elec-

»tricidad no está todavía conocida." De esta manera debieran hablar los físicos en muchos puntos, para que los que aprenden conociesen bien lo que se sabe y lo que se ignora, sin tomar por verdades las congeturas, lo cual contribuiria al mayor progreso de las ciencias.

ADICION.

Galvanismo ó electricidad producida por el [illegible] contacto.

Se entiende por *galvanismo* ó *electricidad galvánica* la propiedad que tienen las substancias animales, puestas en contacto con metales, de experimentar una irritacion que se manifiesta con movimientos mas o menos perceptibles. Recibio este nombre de Galvani, médico de Bolonia, que fue el primero que estudio los fenomenos que presentan los cuerpos cuando se excita en ellos la electricidad, y que creyendo los físicos que provenian de cierto fluido particular, le dieron el nombre de *fluido galvanico*, en honor del primer observador; pero el celebre Volta demostró en el año de 1797

que el fluido eléctrico era el agente de estos fenómenos, enriqueciendo la física y la química con un nuevo aparato acaso el mas importante que en el dia poseen estas ciencias.

Historia: aunque desde el año de 1767 Sulzer publicó en su obra de la *Teoría general del placer*, la siguiente observacion, que poniendo la lengua entre dos metales, v. g., plata y cobre, o plata y zinc, y haciendo de modo que los metales se toquen por un extremo, se experimenta un sabor, que Sulzer compara con el de la caparrosa ó sulfeter de hierro, y que muchas veces la sensacion que experimenta la lengua, haciendo este experimento, está acompañada de una especie de resplandor que percibe la vista; no obstante, este hecho quedo sepultado en el olvido sin llamar la atencion de los físicos, hasta que Galvani estudiando la anatomía de las ranas, observo que tocando con el escarpelo los nervios crurales de una de ellas, inmediatamente todos los musculos de la rana experimentaban fuertes convulsiones, siempre y cuando estuviesen dentro de la esferade actividad de una maquina electrica, y se sacasen chispas del conductor de dicha máquina.

Galvani varió este experimento, valiéndose unas veces de la botella de Leyden, otras del electrotoro, y por ultimo, de la electricidad atmosferica; pero siempre en-

contró el mismo resultado, porque todos estos medios eran igualmente propios para que se desenvolviese cierta porcion de fluido eléctrico, y nada se presentaba de nuevo que no pudiese explicarse por la electricidad ordinaria.

Pero un dia cogiendo Galvani con un gancho de cobre á una rana por la médula espinal, y apretando el gancho contra los hierros de una reja de su jardin, observó en la rana atracciones que al principio creyo provenian de la influencia de la electricidad atmosférica; pero felizmente repitió dentro de su gabinete el experimento y vió que siempre que el gancho de cobre tocaba otro metal, la rana experimentaba las mismas atracciones que habia observado, sin que interviniese en nada la electricidad atmosférica. Repetido y variado este experimento de mil modos, por el mismo Galvani y otros físicos, hallaron varios hechos nuevos, de los cuales, los principales son los siguientes:

1.º Siempre que se establece una comunicacion por medio de un conductor metálico, compuesto por lo comun de metales diferentes, entre dos puntos de un animal, tomados entre los órganos nerviosos o musculares, se manifiesta ó se desenvuelve la electricidad galvánica. El sistema de comunicacion representa un círculo entero en el momento de la accion, dividido en dos par-

tes cuyas intersecciones estan en dos puntas de contacto. Una de ellas se llama *arco animal* y la otra *arco excitador*.

2.º Que pudiendose mirar los músculos como mas ó menos penetrados de nervios, parece que en el sistema nervioso reside mayor facultad para desenvolver la electricidad galvánica, cuyo hecho puede ser util á la fisiológia.

3.º Que los animales de sangre fria son mas susceptibles para manifestar la electricidad galvanica, que los de sangre caliente, cuya observacion puede interesar á la fisiológia.

4.º Que de los órganos musculares del hombre, y de los animales de sangre caliente, el corazon es el que conserva mas tiempo la excitabilidad galvánica. Segun los experimentos de Nysten la electricidad galvanica tiene todavia accion sobre el corazon de un hombre decapitado cuatro horas despues de muerto, y sobre el de una rana quince horas despues de muerta, de lo cual se deduce que el corazon es el órgano que primero da señales de vida y el último que las pierde.

5.º Que los órganos nerviosos y musculares no son los unicos que sirven para formar el arco animal, sino que tambien la parte fibrosa de la sangre se contrae facilmente con la influencia galvánica; por consiguiente la contraccion de los músculos no pro-

viene de los nervios, porque la fibrina de la sangre no los contiene.

6.° Que todas las partes del arco animal deben de ser continuas ó contiguas entre si, y que asi aunque se corte ó se ate un nervio, no por eso se interrumpe el arco animal con tal que las partes divididas, o ligadas esten contiguas las unas á las otras.

7.° Que cuando está rota la integridad del arco animal, se restablece interponiendo alguna substancia que no sea animal, especialmente se restablece si la substancia interpuesta es metálica.

8.° Que a los animales con quienes se quieren hacer experimentos galvánicos, se les debe quitar su epidermis, y de este modo se aumenta la energía galvánica.

9.° Que las substancias mas á propósito para formar el arco excitador son las que son buenos conductores de la electricidad galvánica.

10. Que por lo comun se compone el arco excitador de tres piezas, dos de ellas se ponen en contacto con las partes del animal, a las cuales se les da el nombre de *suportes* o *armaduras*, y la tercera que sirve para establecer la comunicacion entre las dos anteriores se llama *comunicador*. Estas tres piezas son por lo regular de metales diferentes.

11. Que no es indispensable la presencia de tres metales para que se manifiesten

los fenómenos galvánicos, y que un solo metal es suficiente para ello, segun resulta del siguiente experimento de Humboldt: tomando una rana despellejada, y poniéndola sobre mercurio bien puro y bien seco, de modo, que el nervio libre y la carne muscular vengan los dos á tocarse á la superficie del mercurio, inmediatamente se notan las convulsiones. Lo mismo se observa valiéndose de plata ó plomo, ó de cualquier otro metal en lugar de mercurio.

12. Que en algunos animales vivos se manifiestan naturalmente contracciones musculares, lo cual se debe a que se desenvuelve la electricidad en ellos del mismo modo que en la pila de Volta, como veremos.

13. Que Mr. Humboldt poniéndose dos cantáridas en las espaldas, la serosidad que salia de las vegigas no tenia color; pero luego que una de las llagas se cubrió con una plancha de plata y se la tocó con zinc, empezó á salir mas serosidad, produciendo un gran dolor y el humor era corrosivo. Cuando se puso en comunicacion la otra llaga con la plancha de plata por medio de un pedazo de zinc, el dolor fue muy vivo, y se notaron contracciones alternativas en los músculos de las espaldas.

14. Que el ejercicio promueve ó excita la influencia galvánica, y el continuo movimiento acaba con ella ó la agota; que los animales que han muerto sofocados en acido

carbónico, ó en el gas hidrógeno sulfurado, no experimentan accion ninguna de parte del galvanismo; pero que no sucede asi con los que han muerto en el vacio de la máquina pneumática, en el gas hidrogeno, en el gas ácido sulfuroso, &c.

Estos son los principales hechos que presentaba el galvanismo, y para cuya explicacion se creyó necesario admitir la existencia de un fluido particular, mirando la contraccion muscular como la parte esencial de los fenómenos. Pero Volta hizo ver que el *arco animal* introducido en los experimentos galvanicos, no servia mas que para recibir la electricidad; pero de ningun modo para producirla; y que asi la contraccion muscular era un efecto secundario debido á la electricidad que se desenvuelve por el contacto mútuo de dos metales.

En efecto, sabemos que todos los medios para electrizar los cuerpos, son, ó bien químicos ó bien mecánicos. A los primeros pertenecen las disoluciones, las combinaciones y las mudanzas de estado de los cuerpos, producidas por el calórico. Los segundos, son el rozamiento, la presion y el simple contacto. La electricidad desenvuelta por este último medio, es la que produce los fenómenos llamados galvánicos; y de los cuerpos sólidos que por este medio desenvuelven mas electricidad, son el zinc y la plata, el zinc y el cobre, el zinc y el oxide de ma-

ganesa, &c. Tambien se electrizan algunos cuerpos solidos con el contacto de líquidos; pero acaso la electricidad que se manifiesta entonces, proviene en parte, ó en el todo de la accion química que ejerce el líquido sobre el sólido.

Se puede, pues, establecer como hecho principal, *que si se ponen en contacto dos metales diferentes, que esten aislados, se les retirará del contacto en dos estados eléctricos diferentes; el uno positivo, y el otro negativo.* Pero la electricidad que cada metal adquiere de este modo, tiene una tension demasiado débil para atraer ó repeler los cuerpos ligeros, y que asi para que se manifieste sensiblemente es preciso recogerla en el disco de un condensador; que todos los medios que pueden usarse para hacer esta condensacion estan fundados sobre el siguiente principio: *electrizandose dos sustancias por el contacto, y adquiriendo las dos especies de electricidad, la primera de ellas no puede ser un manantial efectivo de uno de los fluidos eléctricos, sin que la otra abandone el otro fluido.*

Con este principio, y la importante observacion hecha por Volta, de que separando el disco del condensador de la placa de zinc con un pedazo de paño mojado en agua ú otro líquido, continuaba desenvolviéndose la accion electro motriz, y que el conductor humedo daba paso al fluido positivo del zinc que se iba acumulando en el disco

del condensador, descubrió este célebre físico una nueva máquina eléctrica, que no es otra cosa mas que una serie de discos, ó roldanas de cobre y zinc, separado cada dos con un paño ó carton mojado, á cuyo aparato se le ha dado el nombre de *pila galvánica*, *pila de Volta*, ó aparato *electro motriz*.

Construccion de la pila: la primera pila galvánica que construyó Volta, se componia de discos o placas de zinc y cobre y de carton mojado, en la cual se distinguian dos polos, el uno positivo, situado en el extremo superior de zinc, y el otro negativo, situado en el extremo inferior de cobre. Despues de muchos y varios experimentos se vió 1.º que el zinc y el cobre eran los dos metales que debian preferirse, porque eran los mas fáciles de tener, y porque con el contacto se electrizan mas que la mayor parte de los demas metales. 2.º Que es mejor soldar los dos discos de zinc y cobre, que dejarlos sueltos, porque de este modo se consigue que el contacto sea mas perfecto y se evita la oxidacion de las partes contiguas; cada una de estas piezas soldadas se llama *par* ó *elemento* de la pila, y así se dice una pila compuesta de 30, 60, &c. pares ó elementos: 3.º Que es indiferente la figura de los discos, y así pueden ser circulares, cuadrados ó rectangulares: 4.º Que el grueso de los discos de zinc, debe ser de tres ó cuatro veces mayor que el de los de cobre:

5.º Que el agua pura no es tan buen conductor como cuando está cargada de sal, y especialmente de ácido, y de entre los ácidos el nítrico es el que produce mas efecto, ó el que trasmite con mas prontitud la electricidad desde un elemento á otro: 6.º Que los efectos químicos de una pila, dependen principalmente de su tension, y que como esta tension está en razon directa del número de sus elementos ó pares, sean grandes ó chicos, vale mas servirse de una pila de discos pequeños que no grandes, siendo todo lo demas igual; esto es, siendo la suma de las superficies la misma: 7.º Que las pilas de discos grandes, solo convienen en ciertos casos, particularmente en aquellos en que se quieren quemar hilos de metal, porque en este caso se quiere que pase una gran cantidad de fluido electrico, la cual parece que es proporcional á la superficie de los discos: 8.º Que colocando la pila verticalmente, y sirviéndose de cartones, papel ó paño mojado para contener el líquido conductor, resulta que solo se puede poner poco líquido entre cada elemento, y que comprimido por el peso de los elementos superiores, el líquido empieza á escurrirse por la pila abajo y se establece una comunicacion entre todos los elementos, lo cual necesariamente debilita el efecto de la pila: 9.º Que se remedia esto colocando los elementos de canto á cierta distancia los

unos de los otros sobre cuerpos no conductores, cerrando con substancias y betun no conductores el espacio que los separa, de modo, que resultan unos cajones que se llenan de líquido conductor, y de este modo se consigue tener una pila orizontal.

Del modo de obrar la pila sobre los cuerpos. Para hacer obrar la pila de Volta sobre los cuerpos, se aplican dos hilos gordos ó conductores metálicos, bien sean de laton ó de platina, el uno al polo positivo y el otro al negativo, se llenan casi hasta arriba los cajones de ácido nítrico del comercio, extendido en 12 ó 13 veces su peso de agua, y se colocan los cuerpos sobre quienes debe verificarse la accion, de modo, que por un extremo toquen al hilo positivo, y por el otro extremo al negativo; pero de modo que los hilos no se toquen, sino que disten el uno del otro algunas lineas. Cuanto mas pequeña sea la distancia que haya entre los hilos, y mejor establecida esté la comunicacion metálica, tanto mayor será la accion, siempre y cuando sea todo lo demas igual. Para no recibir conmocion, ó para impedir que el fluido eléctrico se pierda, se cojen los hilos con las manos secas, o mejor con tubos de cristal, dentro de los cuales estan los hilos.

Sucede algunas veces, que una sola pila no es bastante para producir el efecto que se desea: en este caso se reunen varias

formando de este modo una *bateria galvánica*. La reunion de varias pilas galvánicas se hace del modo siguiente: se coje un hilo de laton terminado en unas placas metálicas, por lo regular tambien de laton, y se sumerge la una en el cajon positivo de la primera pila, y la otra en el cajon negativo de la segunda: de este modo es claro, que las dos pilas estan en el mismo caso que si no fuesen mas que una sola, pues que la una es continuacion de la otra. Se pueden reunir del mismo modo, tres, cuatro y mas pilas. Para hacerlas actuar sobre los cuerpos se hace del mismo modo que con una sola, con la diferencia, que los hilos que llevan el fluido á los cuerpos, parten el uno del polo negativo de la primera, y el otro del polo positivo de la última.

A medida que el ácido obra sobre el cobre ó el zinc, la pila pierde de su fuerza; por lo cual, es preciso renovar el acido de cuando en cuando; para lo cual se vuelven los cajones boca abajo, y despues se les vuelve á llenar de acido. Concluido que sea el experimento, se vacian los cajones y se lavan varias veces y se les pone á secar, sin cuya precaucion los discos continuarian obrando los unos sobre los otros.

Accion de la pila sobre los cuerpos. La pila no tiene accion sobre los cuerpos que no son conductores del fluido electrico

v. g. los gases, el azufre sólido, el cristal, los aceites, las grasas, &c. Pero sobre los gases puede tener accion, si los hilos estan tan inmediatos que la chispa pueda pasar de uno á otro. Sobre los cuerpos conductores, tiene una accion mayor ó menor, tiende á calentarlos, á fundirlos y aun á hacerlos pasar al estado eléctrico, cuando son capaces de ello, y ademas á separar los elementos, de los que son compuestos, esto es, á descomponerlos.

Si se ata un alambre muy delgado de hierro al estremo de uno de los hilos de laton ó de platina que cuelgan de los polos de una bateria galvánica; por egemplo, si se ata uno de los estremos del alambre de hierro al polo zinc, y se hace que el otro estremo toque al polo cobre, inmediatamente el alambre se pone candente y empieza a quemarse. Este efecto será tanto mayor, cuanto mas grandes sean los discos de las pilas, y cuanto mas delgado sea el alambre; por consiguiente, si el alambre fuese bastante grueso, asi no se calentaria, porque en este caso, todo el fluido pasaria a la superficie; pero en el otro caso, siendo la superficie del hilo mucho menor, no seria suficiente para darle paso, y asi penetraria en lo interior, y haria desprenderse calorico. Asi, pues, vemos que una bateria galvánica obra del mismo modo que una bateria eléctrica compuesta de botellas de Leyden, y

que una pila de Volta no es mas que una botella de Leyden, que tuviese la propiedad de cargarse por sí misma inmediatamente despues que se haya descargado.

La piel seca conduce mal el fluido eléctrico, de lo cual resulta, que estableciendo una comunicacion entre los polos de una pila con los dedos sin mojarlos, solo se la descarga en parte, y solo se esperimenta una ligera conmocion; pero mojándose los dedos con un líquido conductor, v. gr. una disolucion ácida, y cogiendo dos conductores metálicos cada uno con una mano, se descarga casi por entero la pila, y se recibe una conmocion fuerte que se estiende á los organos, la cual es continua, porque la pila se vuelve á cargar de nuevo por sí misma.

Como, por otra parte, todos los cuerpos contienen cierta porcion de fluido eléctrico, el cual puede considerarse como compuesto de dos fluidos diferentes; á saber, fluido *vitreo* ó *positivo*, y fluido *resinoso* ó *negativo*; y que mientras estos fluidos estan combinados constituyen el fluido eléctrico, y no manifiestan su presencia de modo alguno; pero que inmediatamente que uno de los dos, ó ambos quedan libres, los cuerpos que los contienen, o las superficies en que estan, presentan la propiedad de atraerse ó repelerse; se repelen cuando tienen ambos la eletricidad del mismo nombre, y al con-

trario se atraen cuendo son de diferentes, cuyos efectos se verifican antes del contacto, y que siguen la ley de la razon inversa del cuadrado de las distancias. De todo esto se sigue que si un cuerpo binario se pone en circunstancias tales, que sus moléculas constituyentes sean unas positivas y las otras negativas, se las pódra separar con tal, que sean movibles, poniendo al dicho cuerpo en presencia de otro electrizado, positiva ó negativamente; y aun mejor, colocándole entre dos, el uno electrizado positivamente y el otro negativamente; porque la molécula electrizada negativamente, sera atraida por el fluido positivo, y repelida por el negativo, y la molécula electrizada positivamente será atraida por el negativo, y repelida por el positivo.

De este modo es como la pila de Volta descompone los cuerpos, y que manejada por el célebre Davy, y otros químicos, ha servido para descomponer los alcalis llamados mineral y vejetal, ó la sosa y la potasa, las tierras llamadas simples, como la cal, la magnesia, la barita, &c. el borax; en fin, este aparato es, sin duda, uno de los mas preciosos que posee en el dia la quimica, y por cuyo motivo en estos últimos años se ha cultivado con tanto esmero la electricidad galvánica.

Se ve, pues, que la descomposicion de los cuerpos por medio de la pila, depende de

la relacion que hay entre la afinidad recíproca de los cuerpos, y la propiedad que tienen de constituirse en estados opuestos de electricidad, mas o menos grandes; que por consiguiente puede suceder que haya cuerpos que la pila puede descomponer, aunque tengan mucha afinidad, y otros que no los descompondrá aunque tengan poca afinidad; el agua puede servir de egemplo del primer caso. Por esto seria muy importante determinar exactamente la propiedad que tienen los cuerpos de hacerse mas, o menos positivos o negativos, los unos respecto a los otros. Pero por desgracia hay muy pocas observaciones hechas sobre esto: solo se sabe 1.º que el oxigeno siempre es negativo, relativamente a otro cuerpo; 2.º lo mismo en general de un cuerpo que contiene oxigeno, respecto a otro que no lo tiene; y que un cuerpo oxigenado, es tanto mas negativo, cuanto las propiedades del oxigeno que contiene, estan menos neutralizadas; de suerte, que si dos cuerpos oxigenados eran capaces de combinarse, se les podria separar en los casos en que uno de ellos contuviese el oxigeno en un estado de neutralizacion mayor que el otro. Esta regla admite muy pocas excepciones.

CARTA 155.

Del famoso problema de las longitudes. Descripcion general de la tierra, de su eje, sus polos y su ecuador.

Ya es tiempo de que dejemos la electricidad, y a la verdad no tengo nada mas que decir sobre esta materia; pero no dejo de verme con alguna dificultad para encontrar otra digna de la atencion de V. A. Para elegirla creo deber atender á las materias que mas interesan a nuestros conocimientos, y de que con mas frecuencia hablan los escritores; en la que por consecuencia conviene que todos esten regularmente instruidos.

Sin duda habrá V. A. oido hablar del famoso problema de las longitudes, sobre cuya solucion han ofrecido los ingleses grandes premios. Creo pues, que conviene enterarse bien de esta cuestion importante, que tiene tan estrecha conexion con el conocimiento de nuestro globo, que no es permitido ignorarla. Al mismo tiempo tendre ocasion de explicar otros puntos interesantes que no dejaran de agradar á V. A.

Empezaré, pues, por una descripcion general de la tierra, la cual puede mirarse como un globo, no obstante que en estos últimos tiempos se ha encontrado, que su verdadera figura es un esferoide algo aplanado; pero es tan corta la diferencia, que podemos muy bien no hacer caso de ella.

Lo primero que debemos notar sobre el globo terrestre, son los dos puntos que hay en su superficie, llamados los polos de la tierra. Al rededor de estos dos puntos gira cada dia, del mismo modo que giraria un globo que estuviese fijo entre las dos puntas de un torno. Este movimiento se llama el *movimiento diario ó diurno* de la tierra, y cada revolucion se hace en cerca de veinte y cuatro horas. Y si queremos hablar segun las apariencias, V. A. sabe que miramos el cielo como una bola hueca, en cuyo medio esta la tierra, y que el cielo parece da vueltas al rededor de la tierra, cuyo movimiento se hace tambien al rededor de dos puntos fijos en el cielo, que se llaman polos; y si concebimos una linea recta, tirada desde el uno al otro de los polos del cielo, pasará por el medio de la tierra.

Es facil de comprender que las apariencia deben ser las mismas, sea que la tierra gire al rededor de sus polos, permaneciendo el cielo en reposo; sea que el cielo gire al rededor de sus polos, estando quieta la tierra. La una o la otra consideracion nos

conduce igualmente al conocimiento de los polos de la tierra, sobre el cual fundan la astronomía y la geografía.

La figura 8 estampa 1.ª representa el globo de la tierra, cuyos polos son A y B: el uno de ellos A se llama *polo austral*, ó *meridional*, y tambien *polo antartico*: el otro polo B, que es el mas próximo á los lugares que nos tros habitamos, se llama *polo boreal* ó *septentrional*, ó *polo artico*.

Estos dos polos estan directamente opuestos uno á otro, y si se tirase una línea recta, desde el polo A al polo B por dentro de la tierra, pasaria por su medio C, esto es, por el centro de la tierra. Esta línea recta A B, se llama *eje de la tierra*, y prolongada por ambos lados hasta el cielo señalará en él los dos puntos que se llaman polos del cielo, á los cuales se dan los mismos nombres que á los polos de la tierra.

Estos dos polos de la tierra no son una simple ficcion ó suposicion, ni una especulacion de los astrónomos y geógrafos, sino unos puntos muy esenciales, determinados sobre la superficie de la tierra, porque sabemos que mientras mas nos acercamos á ellos tanto mas frias son las tierras, de manera que los paises circunvecinos son absolutamente inhabitables por causa del excesivo frio que se experimenta: así es que no hay ejemplo de que ningun viagero ni embarcacion alguna haya podido llegar

hasta el uno ó el otro polo; y así puede decirse, que estos dos parages de tierra son absolutamente accesibles.

Determinados los dos polos A y B de la tierra, se la concibe dividida en dos hemisferios como D B E, y D A E, cada una de las cuales tiene por vértice uno de los polos. En efecto si imaginamos que la tierra esta cortada por su centro C, de manera, que la seccion sea perpendicular al eje, esta seccion señalará sobre su superficie un circulo al rededor de ella, y que estará por todas partes igualmente distante de los dos polos. Este circulo que circunda la tierra por su medio, tiene el nombre de *ecuador*: los paises inmediatos á él son los mas calientes, y casi inhabitables segun creian los antiguos, pero en el dia se sabe que estan habitados, no obstante de ser excesivo el calor.

Apartándose del ecuador por una ú otra parte hacia los polos, las regiones van siendo mas templadas; pero al acercarse mucho á los polos se encuentran frios estremados.

Como el ecuador parte la tierra en dos hemisferios, cada uno de estos toma el nombre del polo que en el se halla: así la mitad D B E donde esta el polo boreal, se llama *hemisferio boreal*, en el cual está situada la Europa, casi toda el Asia, una parte del Africa, y la mitad de la America. El otro hemisferio D A E se llama *hemisferio*

meridional ó austral, el cual contiene la mayor parte del Africa, la otra mitad de la America, y varias islas que se consideran como parte del Asia; todo lo cual habrá visto V. A. sobre el mapa-mundi. = A 18 de agosto de 1761.

CARTA 156.

De la magnitud de la tierra, de los meridianos, y del camino mas corto.

Fijada ya la idea de los polos y del ecuador, que V. A. comprenderá clarísimamente teniendo presente un globo; pues es difícil de concebirlo sobre el papel, las demas ideas de que necesitamos se seguirán facilmente. No obstante, todavía me parece conveniente añadir algo a este punto.

El eje de la tierra, que pasa un polo al otro por el centro, es el diámetro de ella, y por consiguiente es dos veces mayor que el rádio. Se estima el radio de la tierra ó la distancia de cada punto de su superficie al centro, en 860 millas de Alemania: por consiguiente, el eje de la tierra contendrá 1720 millas de Alemania, y sien-

do el ecuador un circulo cuyo centro es el mismo de la tierra, tendrá tambien el mismo radio, y de consiguiente el diámetro del ecuador será tambien de 1720 millas de Alemania. La circunferencia del ecuador será, pues, de 5400 millas; de manera, que si se quisiese dar vuelta á la tierra siguiendo el ecuador, habria que andar un camino de 5400 millas de Alemania; por donde se puede juzgar el tamaño de la tierra.

Siendo el ecuador un círculo, se divide en 360 partes iguales, que se llaman grados: un grado del ecuador contiene, pues, 15 millas de Alemania, pues 15 veces 360 son 5400.

Cada grado se subdivide en 60 partes iguales, que llaman *minutos*, de manera, que cada minuto contiene la cuarta parte de una milla de Alemania o cerca de 6000 pies del Rhin. Cada minuto se divide en 60 *segundos*, y asi cada uno de estos contiene unos 100 pies.

Siendo imposible representar sobre el papel un globo, de otro modo que por un círculo, V. A. suplirá con la imaginacion. Asi siendo B y A (fig. 9 est. 1) los dos polos de la tierra; B el boreal, y A el austral; D M N E representará el ecuador, ó mas bien la mitad de el, pues la otra mitad queda oculta por el otro lado.

La linea D M N E nos representa, pues,

un semicírculo igualmente que B D A y B E A, todos los cuales semicírculos tienen el mismo centro C que el globo. Podemos imaginar una infinidad de otros semicírculos, tirados todos por los dos polos A y B de la tierra, y pasando por todos los puntos del ecuador B M A, B N A; aunque en la figura parezcan diferentes, pues es preciso suplir con la imaginacion, ó tener á la vista un globo donde esto se vé claramente.

Todos estos círculos que van de un polo al otro, y pasan por un punto cualquiera del ecuador, se llaman *meridianos*, ó mas bien un *meridiano* no es mas que un semicírculo que va de un polo al otro sobre la superficie de la tierra; y V. A. comprende claramente, que en un lugar cualquiera como el punto L, sobre la superficie de la tierra, se puede siempre concebir un meridiano B L M A que pase por los dos polos, y por dicho lugar. A este meridiano se le llama entonces el meridiano del lugar L. Si por ejemplo, L fuese Berlin, el semicírculo B L M A sería el meridiano de Berlin; y lo mismo se dice de cualquiera otra parte de la tierra.

V. A. puede imaginarse un globo sobre cuya superficie estén dibujados todos los países de la tierra, tanto el continente, como la mar con sus islas. Este globo artificial que se llama *globo terrestre*, no pue-

de dejar de ser conocido á V. A. Por lo que hace a todos los meridianos que se pueden concebir, y de los que hay un gran numero trazados en el globo, debe observarse, que siendo cada uno un semicírculo, está dividido por el ecuador en dos partes iguales, cada una de las cuales es un cuarto de circulo, esto es un arco de 90 grados. A i B D, B M, B N, B E son cuartos de circulo, igualmente que A D, A M, A N y A E cada uno, pues, contiene 90 grados; y puede añadirse que cada uno es perpendicular al ecuador, o hace con él angulos rectos.

Ademas de esto, si se quiere viajar del punto M del ecudor hasta el polo B, el camino mas corto seria seguir el meridiano M L B, que siendo un arco de 90 grados, y conteniendo cada grado 15 millas de Alemania, contendria 1350 millas las que habria que andar para ir desde el ecuador hasta uno de los polos.

V. A. se acuerda de que el camino mas corto de un lugar á otro es la linea recta tirada por estos dos lugares. En el caso actual, la linea recta tirada del punto M del ecuador hasta el polo B, caeria dentro de la tierra; camino que no es posible seguir, pues no podemos estar sino en su superficie. Así, pues, la cuestion es muy diferente quando se trata del camino mas corto entre dos puntos sobre la superficie

de un globo. En este caso no es una línea recta, sino un arco de círculo tirado del un punto al otro sobre su superficie, y cuyo centro sea precisamente el mismo que el del globo. Este concuerda con el caso presente; porque para viajar desde el punto M de. ecuador hasta el polo B, el arco del meridiano M L B que he dicho ser el camino mas corto, es efectivamente un arco de círculo, cuyo centro se halla en el centro de la tierra.

Del mismo modo, si consideramos el lugar L, situado en el meridiano B L M A, el camino mas corto para ir desde él hasta el polo B, será el arco L B; y sabiendo el número de grados que este arco contiene, contando 15 millas por cada grado se sabrá lo largo del camino. Pero si se quiere ir desde el dicho lugar hasta el ecuador por el camino mas corto, se deberia seguir el arco del meridiano L M, cuyo numero de grados, á razon de 15 millas por cada uno daria lo largo del camino.

Por lo comun basta expresar por grados estas distancias, porque es facil reducirlas a millas de Alemania; y porque otras naciones usan de leguas mayores ó menores. Asi, tomando la ciudad de Berlin por el punto L, se halla que el arco L M hasta el ecuador es de 52½ grados; por consiguiente el camino mas corto para ir desde Berlin al ecuador es de

$787\frac{1}{2}$ millas. Pero si se quiere ir de Berlin al polo boreal ó septentrional B, se deberá seguir el arco L B que contiene $37\frac{1}{2}$ grados ó $562\frac{1}{2}$ millas. Estos dos caminos dan juntos 1350 millas que es lo largo del arco B L M, el cual es un cuarto de círculo de 90 grados, cuyo valor total es como hemos visto, de 1350 millas de Alemania. A 22 de agosto de 1761.

CARTA 157.

De la latitud y de lo que influye en las estaciones y en lo largo de los dias.

Volvamos á mirar la misma fig. 9 estampa 1 que ya le será familiar a V. A. El círculo entero representa el globo de la tierra: los puntos A y B sus dos polos; B el polo boreal septentrional ó ártico; A el polo austral, meridional o antártico, de manera que la linea recta B A tirada por dentro de la tierra y pasando por su centro C, es el eje. Despues de esto, D M E es el ecuador que la divide en dos hemisferios, el uno D B E boreal, y el otro D E A meridional.

Consideremos ahora un lugar cualquiera L y tiremos su meridiano B L M A que siendo un semicírculo, pase por dicho lugar

L y por los dos puntos B y A. Este es pues el meridiano del lugar L, dividido por el ecuador en M en dos partes iguales, o en dos cuartos de circulo de 90 grados cada cuarto Entonces observo que el arco L M de este meridiano nos da la distancia del lugar L al ecuador; y que el arco L B expresa la distacia del mismo lugar L al polo B.

Esto entendido observamos que el arco L M o la distancia de L al ecuador, se llama *latitud del lugar L*; de suerte que la *latitud* de un lugar o punto cualquiera de la tierra no es otra cosa que el arco del meridiano de dicho lugar interceptado entre este y el ecuador; ó bien la *latitud* de un lugar es la distancia desde él hásta el ecuador, expresada en grados, cuyo valor conocemos, pues sabemos que cada grado contiene 15 millas de Alemania. (1)

Es claro que conviene distinguir esta distancia, segun que el lugar se halla en el hemisferio boreal ó en el austral. En el primer caso, si el lugar está en el hemisferio boreal ó septentrional, se dice que su latitud es *boreal*; y si esta en el hemisferio austral ó meridional, se dice que su latitud es *meridional*.

(1) Si se supone cada grado dividido en 20 partes iguales, cada una de ellas sera proximamente una legua de 200 pies de España. Entonces diremos que cada grado contiene 20 leguas.

Así pues si se habla de Berlin, se dice que su latitud boreal es de 52 grados y 31 minutos. La latitud de Magdeburgo es tambien boreal, y es de 52 grados y 19 minutos. Pero la latitud de Batavia en las Indias Orientales es meridional, y de 6 grados 15 minutos: la del Cabo de Buena esperanza en Africa es tambien meridional y de 34 grados 15 minutos.

Diré de paso que para abreviar se usan ciertas señales ó signos, de manera que en lugar de escribir *grados* se pone un pequeño cero (°); y en lugar de la palabra *minutos* se pone (′); y en lugar de *segundos* se ponen (″). Así pues la latitud de Paris en el observatorio, es 48′ 50′ 10″ B; lo que significa 48 grados, 50 minutos, 10 segundos boreales. En el Peru hay un lugar llamado Uro, cuya latitud es de 17° 36′ 15″ M, lo que se lee 17 grados 36 minutos 15 segundos meridionales. De aquí inferirá V. A. que si se hablase de un lugar cuya latitud fuese o grados o minutos o segundos, este lugar estaria precisamente en el ecuador; pues su distancia al ecuador es cero ó nula, y entonces es escusado añadir la B ó la M. Pero si se hablase de un lugar cuya latitud fuese 90 grados B; este lugar sería precisamente el polo boreal de la tierra, que dista del ecuador un cuarto de circulo ó 90 grados. Con esto queda V. A. bien inteligenciada de lo que

es la latitud de un lugar cualquiera y porqué se expresa en grados, minutos y segundos.

Es muy importante conocer la latitud de cada lugar, no solamente para señalar cada uno en los mapas geograficos; sino tambien porque de ella dependen las estaciones del año, la desigualdad de los dias y las noches, y por consiguiente el temple del lugar. En los parages situados en el ecuador mismo, no hay casi variacion en las estaciones; y durante todo el año los dias y las noches son de igual duracion, á saber de 12 horas; y por eso el ecuador se llama *linea equinocial*. Al paso que estan mas lejos del ecuador los lugares, mayor diferencia se advierte entre las estaciones del año; y los dias en el verano son mucho mayores que las noches; y al contrario en hivierno los dias son mas cortos que las noches.

V. A. sabe que los dias mas largos son al principio del estío hácia el 21 de junio, y de consiguiente las noches son entonces las mas cortas. Al contrario en el principio del hivierno hacia el 21 de diciembre, son los dias los mas cortos, y las noches las mas largas del año, y siempre el dia mas largo es igual á la noche mas larga. En cada lugar, la duracion del dia mas largo depende de la latitud. En Berlin, cuya latitud es de 52 grados 32 minutos, el dia mas largo es de 16 horas 38

minutos, y de consiguiente el dia mas corto en el hivierno es de 7 horas 22 minutos. En los parages mas cercanos al ecuador cuya latitud es menor que la de Berlin, el dia mas largo del estío tiene menos de 16 horas 38 minutos, y el dia mas corto del hivierno tiene mas de 7 horas 22 minutos. Lo contrario sucede en los parages mas distantes del ecuador; por ejemplo en Petersburgo, cuya latitud es 60 grados, el dia mas largo es de 18 horas 30 minutos; y de consiguiente la noche solo tiene entónces 5 horas 30 minutos: en hivierno la noche mas larga es de 18 horas 30 minutos, y el dia es entonces de 5 horas 30 minutos. Alejándose mas del ecuador hasta un parage cuya latitud sea de 66 grados 30 minutos, el dia mas largo es allí de 24 horas cavales, ó bien el sol no se pone entonces, sucediendo lo contrario en hivierno, esto es que el sol no sale el dia 23 de diciembre y la noche dura 24 horas. En los parages todavia mas distantes del ecuador y de consiguiente mas cercanos al polo, como Wardhus en la Laponia Sueca, este dia mas largo de 24 horas dura por muchos dias seguidos, durante los cuales el sol no se pone nunca; y la noche mas larga, sin que el sol salga, tiene igual duracion.

Si pudiésemos llegar al polo mismo, tendríamos dia por espacio de seis meses

seguidos, y en los otros seis meses una noche contínua. De esto puede inferir V. A. la importancia de conocer la latitud de todos los lugares de la tierra.— A 22 de agosto de 1761.



CARTA 158.

De los paralelos; del primer meridiano, y de las longitudes.

Sabiendo ya que para tener el meridiano de un lugar cualquiera L se ha de tirar sobre la superficie de la tierra un semicirculo B L M A que pase por dicho lugar L y por los dos polos B y A; observo ahora (fig. 10 estampa 1) que hay muchisimos otros lugares por los cuales pasa este mismo meridiano, y por consiguiente todos ellos estan situados en el mismo meridiano, sea en el hemisferio boreal entre B y M; sea en el hemisferio meridional entre M y A.

Todos los lugares situados en un mismo meridiano tienen pues diferente latitud, pues los unos estan mas cerca ó mas lejos que los otros del ecuador. Asi es que el meridiano de Berlin pasa por la ciudad de Meise, casi por el puerto de Trieste, y por otros muchos lugares menos notables.

Tambien se ve que varios lugares pueden tener igual latitud, o distar igualmente del ecuador; pero todos ellos estaran situados en meridianos diferentes. En efecto, si L es la ciudad de Berlin, cuya latitud ó el arco L M es de 52 grados 31

minutos, se puede señalar en cualquiera otro meridiano, un lugar Y, cuya latitud ó el arco Y N sea tambien de 52 grados 31 minutos; tales son los puntos F y G, tomados en los meridianos B D A y B E A. Y como por cada punto del ecuador se puede tirar un meridiano en el que habrá un punto, cuya latidud sea la misma que la de Berlin ó la del lugar L, habrá pues una infinidad de lugares, que todos tendrán igual latitud. Todos ellos estarán situados en un círculo F L Y G, cuyos puntos estan todos igualmente distante del ecuador, y se llama círculo paralelo al ecuador; bien que para abreviar solo se le llama un *paralelo*. Un paralelo sobre la tierra es pues un círculo paralelo al ecuador ó cuyos puntos distan todos igualmente de este: de donde se sigue que todos los puntos de un paralelo estan tambien igualmente distantes de los polos de la tierra.

Como puede tirarse uno de estos paralelos en cada lugar de la tierra, se ve que pueden ser infinitos, diferentes todos entre sí respecto de la latitud; pues cada uno estará a diferente latitud sea boreal sea austral.

Tambien es claro que mientras mayor sea la latitud, ó cuanto mas cerca cerca de los polos, tanto mas pequeños serán los paralelos, hasta que en los polos mismos ó á la latitud de 90 grados, estos paralelos se

reducen á un punto que es el del polo. Al contrario, cuanto mas cerca del ecuador, ó cuanto menor es la latitud, tanto mayores son los paralelos, y al fin se confunden con el ecuador mismo, cuando la latitud es cero ó nula. A estos paralelos se les distingue por la latitud: así se llama paralelo de 30 grados, al que pasa por todos los lugares cuya latitud es 30 grados; y es necesario añadir si se habla de latitud boreal ó de latitud meridional, pues hay tantos paralelos á un lado del ecuador como al otro que tienen igual numero de grados de latitud.

Si miramos un mapa geográfico veremos por ejemplo que Hanover esta situado en el mismo paralelo que Berlin, pues ambas tienen la latitud de 52 grados 31 minutos; y que las ciudades de Brunswick y de Amsterdam estan casi en el mismo paralelo; pero los meridianos que pasan por estos lugares son diferentes. En conociendo el meridiano y el paralelo en que está situado un lugar, se sabe su verdadera posicion sobre la tierra. Si nos digesen por ejemplo que tal lugar estaba situado en el meridiano B N A, y en el paralelo F L G, no habria mas que ver sino en qué punto el meridiano B N A corta el paralelo F L G y la interseccion, y dará la verdadera posicion del lugar indicado.

De este medio se sirven los geógrafos.

para determinar la verdadera posicion de todos los lugares de la tierra. Solo se trata de conocer el paralelo ó la latitud y el meridiano que le corresponde. Por lo que hace al paralelo, es facil señarlo y distinguirlo de todos los demas en conociendo la latitud ó la distancia del ecuador, que será boreal ó meridional; pero ¿como se discribirá un meridiano y se distinguirá de los demas, cuando todos son iguales semejantes y ninguno tiene una señal que lo distinga de los demas? queda pues á nuestro arbitrio el elegir un meridiano y fijar este para deducir los demas ó referirlos á el. Si por egemplo en la fig. 10 estampa 1. se eligiera el meridiano B D A ya seria facil indicarnos y señalarnos otro cualquier meridiano como B M A; pues bastaba que nos indicasen en el ecuador el arco D M comprehendido entre el meridiano fijo B D A y el otro B M A de que se trata, con tal que añadan en el sentido en que se debe partir desde el meridiano fijo para pasar al otro; esto es, si es hácia el oriente ó hácia el ocidente.

A este meridiano fijo desde el cual se cuentan los demas, se llama *primer meridiano*, y siendo arbitraria su eleccion, no extrañará V. A. que no esten de acuerdo todas las naciones. Los franceses han elegido para esto la isla del Hierro que es una de las Canarias, y allí fijan su primer me-

ridiano. Los Alemanes y Holandeses fijan su primer meridiano en otra de las islas Canarias, llamada Tenerife. Sea que se siga en esto á los Franceses ó á los Alemanes, siempre es necesario determinar bien en el ecuador el punto por donde pasa el primer meridiano. Desde este punto se van luego contando por grados los puntos por donde pasan todos los demas meridianos, y tanto los Franceses como los Alemanes concuerdan en contar de occidente á oriente.

Si pues el círculo B D A es en nuestra figura el primer meridiano, y los puntos M y N del ecuador están situados hácia el oriente, se podrá señalar cualquiera otro meridiano, si se indica la magnitud del arco D M, y este es lo que se llama la *longitud* de todos los lugares situados en el meridiano B M A. Si se tratase de los lugares situados en el meridiano B N A su longitud sería el arco D N del ecuador expresado en grados, minutos y segundos.

A 29 de agosto de 1761.

Del primer meridiano.

CARTA 159.

Sabemos ya lo que se llama latitud, y la longitud de un lugar sobre la tierra. La latitud se cuenta sobre el meridiano del lugar propuesto hasta el ecuador ó lo que es lo mismo, es la distancia desde el ecuador al paralelo que pasa por el lugar propuesto, y para evitar ambigüedad, se debe añadir si esta distancia ó latitud es boreal ó meridional.

En cuanto á la longitud se ha de mirar lo que el meridiano del lugar propuesto dista del primer meridiano, contando esta distancia sobre el ecuador, desde el primer meridiano hasta el meridiano propuesto, yendo siempre de occidente á oriente: ó bien la longitud es el arco del ecuador comprendido entre el primer meridiano y el meridiano del lugar propuesto.

Como la longitud se cuenta siempre desde el primer meridiano hacia el oriente, V. A. ve que en habiendo contado hasta 360 grados, se vuelve precisamente al primer meridiano; pues toda circunferencia se divide en dichos 360 grados. Así pues, se nos habla de un lugar cuya longitud es

de 359 grados, su meridiano solo distará un grado del primer meridiano, pero hacia el Occidente: del mismo modo, 350 grados de longitud es lo mismo que 10 grados hácia el Oeste ú Occidente. Se vé pues que el motivo de continuar contando la longitud hasta 360 grados, es para evitar toda ambigüedad.

Sin duda deseará V. A. saber el porqué los geógrafos han convenido en fijar el primer meridiano en alguna de las Islas Canarias. A esto digo que quisieron arreglarse por los límites ó extremos de la Europa hácia el occidente; y como las Islas Canarias se han mirado como parte de la Europa, creyeron conveniente hacer pasar el primer meridiano por la mas distante de dichas Islas, con la mira de poder contar los demas meridianos sin interrupcion, no solo por toda Europa, sino tambien por el Asia, desde donde continuando en contar hácia el oriente, se llega á América, y de allí se vuelve al primer meridiano.

Pero ¿á cual de estas Islas Canarias se deberá dar la preferencia? Algunos geógrafos franceces han elegido la Isla del Hierro, y los Alemanes la de Tenerife, porque entónces no estaban bien seguros de la verdadera situacion de estas Islas, y acaso no sabian cual era la mas distante: ademas los alemanes han pensado que el monte llamado Pico de Teide en la Isla de Te-

nerife estaba señalado por la naturaleza para que pasase por primer meridiano.

Lo cierto es que no deja de ser ridiculo el hacer pasar el primer meridiano por un parage cuya situacion no está bien conocida, pues no há mucho tiempo que se ha determinado mejor la posicion de las Islas Canarias. En consecuencia, los astrónomos, quienes usan de la mayor exactitud en sus investigaciones, fijan el primer meridiano de manera que el del observatorio de Paris diste de él 20 grados, sin atender a que el primero pase por este ó el otro lugar, y esto es sin duda lo mejor que se puede hacer. De consiguiente para determinar cualquier otro meridiano se busca la distancia de él al de Paris; y si dicho meridiano esta mas hácia el oriente, se añaden 20 grados para tener la longitud de los lugares situados en é; pero si el dicho meridiano está mas hácia el occidente que el de Paris, se resta de los 20 grados su distancia: finalmente si esta distancia hácia el occidente es de mas de 20 grados, se resta de 380 grados, ó de 360 mas 20 grados, para tener la longitud del meridiano (1).

(1) Cada dia se ha variado en cuanto al primer meridiano. Los Franceses toman el que pasa por Paris; y en España mismo se han hecho cartas, en que se toma el meridiano de

El meridiano de Berlin está 11 grados 7 minutos 15 segundos mas al oriente que el de Paris: la longitud de Berlin será pues 31 grados 7 minutos 15 segundos; y esta es tambien la longitud de todos los demas lugares situados en el mismo meridiano que Berlin.

Del mismo modo, estando el meridiano de Petersburgo 28 grados mas hácia el oriente que el de Paris, la longitud de Petersburgo será 48 grados. El meridiano de Londres en san James está 2 grados 25 minutos 15 segundos mas hácia el occidente que el de Paris; restando pues esta cantidad de 20 grados, el residuo 17 grados 34 minutos 45 segundos será la longitud de Londres.

Consideremos la ciudad de Lima en el Perú, cuyo meridiano dista del de Paris 70 grados 9 minutos 30 segundos hácia el occidente los que se deben restar de 380 grados, y se encontrará 309 grados 50 minutos 30 segundos, que es la longitud de Lima.

Luego que se conoce la longitud y la latitud de un lugar, se puede señalar su posicion en el globo terrestre ó en una ma-

Madrid por primero, y en otros el de Cadiz. Por eso siempre que se habla de longitud, conviene atender á qué meridiano se refiere para no equivocarse.

pa geográfico; porque como la látitud señala el paralelo en que el lugar está situado, y la longitud da el meridiano del mismo lugar, el punto en que el paralelo corta el meridiano será exactamente el lugar propuesto.

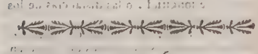
V. A. puede dar una mirada á un mapa, por ejemplo, el de Europa, y verá señalado en ambos lados los grados de los paralelos ó sus distancias al ecuador: en la parte de arriba y en la de abajo estan los grados de longitud, ó las distancias de los meridianos al primero.

Por lo regular se señalan en los mapas los paralelos y los meridianos de grado en grado ó solo de cinco en cinco grados. En la mayor parte de los mapas, estan los meridianos tirados de arriba abajo, y los paralelos de izquierda á derecha: lo de arriba está dirigido hácia el norte; lo de abaja hacia al sur ó mediodia: el lado derecho hacia el oriente, y el lado izquierdo hácia el occidente ú oeste.

Se debe tambien notar que concurriendo todos los meridianos en los dos polos, cuanto mas se acerquen dos meridianos al polo tanto mas pequeña será su distancia; y en el ecuador es la mayor la distancia entre dos meridianos. Asi verá V. A. que en todos los buenos mapas, en que estan trazados los meridianos, se acercan siempre por la parte de arriba ó del norte, y cie-

cen sus distancias bajando hácia el ecuador. Esto es suficiente para la inteligencia de los mapas geográficos, los cuales tienen por objeto el representarnos la superficie del globo, ó una parte de ella.

Pero mi principal mira era demostrar como la verdadera posicion de cada lugar de la tierra está determinada por su longitud y su latitud. = A 1° de setiembre de 1761.



CARTA 160.

Del método de determinar la latitud ó la altura de polo.

Conocida la importancia de determinar la latitud y longitud de cada lugar para saber en qué punto nos hallamos sobre la superficie de la tierra, V. A. verá facilmente que es igualmente importante descubrir los medios para conseguirlo.

Nada interesa mas al hombre que despues de un largo viaje llega á un parage sobre la tierra o en la mar, como saber en que lugar se encuentra, si esta cerca

ó léjos de algun pais conocido, y cual es el camino que debe seguir. El único medio de sacarle de dudas, será el enseñarle la latitud y longitud del lugar en que está: pero ¿que hará para llegar á este descubrimiento. Supongamosle en medio del mar o de un desierto, donde no hay ninguna persona á quien preguntar. Pero si conoce la latitud y longitud, tomará un globo ó un mapa, y al instante verá allí el punto donde se halla y podrá tomar su resolucion.

Yo me propongo manifestar á V. A. que la astronomía es la que principalmente nos suministra los medios de conocer la latitud y la longitud del lugar en que nos hallamos; y para no cansar á V. A. con la menuda explicacion de todos los métodos que los astrónomos han descubierto para este objeto importante, me contentaré con presentarle una idea general, y espero sea suficiente para que V. A. comprenda los principios en que los métodos estan fundados.

Lo primero que emprenderemos es averiguar la latitud, lo que casi no tiene ninguna dificultad; en lugar que la investigacion de la longitud parece que es superior al alcance del espíritu humano, sobre todo estando en el mar, y queriendo suma exactitud. Asi es que para este objeto hay propuestos grandes premios pa-

ra estimulár á los sábios á que empleen sus talentos y tareas en un descubrimiento de tan grande importancia, que daria el mayor honor á su inventor.

Volvamos pues á la latitud y á los medios de descubrirla, dejando para otra ocasion el hablar mas latamente de la longitud, y de los diferentes medios de hallarla, sobre todo en el mar.

Sean A y B fig. 11 estampa 1 los dos polos de la tierra: B A su eje; C su centro. El semicírculo B D A representa un meridiano cortado por el ecuador en el punto D; y B D, A D serán cuartos de círculo ó arcos de 90 grados: la linea recta C D será pues un radio del ecuador; y D E su diámetro.

En el meridiano B D A, haya un punto L, que sea el lugar propuesto, cuya latitud se busca: esto es, se busca el número de grados contenidos en el arco L D que mide la distancia del punto L al ecuador; ó bien tirando el radio C L, como el arco L D es la medida del ángulo D C L a que llamaré y; este angulo y expresará la latitud del lugar L, que es la que se busca.

No pudiendo colocarnos en el centro de la tierra para medir este ángulo, tenemos que recurrir al cielo. La prolongacion del eje de la tierra va al polo boreal P del cielo, que se debe considerar como infinitamente distante de la tierra. Prolónguese

tambien el radio L C que en el cielo irá á un punto Z, que se llama el zenit del lugar L. Tirese pues por el punto L, la linea recta S T perpendicular al radio C L; la qual linea será tangente á un circúlo, y por consiguiente es horizontal respecto del lugar L; pues nuestro horizonte toca siempre la superficie de la tierra en el lugar en que nos encontramos (1).

Si ahora se mira desde L hacia el polo P del cielo, que está infinitamente distante; la recta L Q dirigida á él se puede considerar como paralela á la linea A B P ó al eje de la tierra. El polo del cielo aparecera pues entre el zenit y el horizonte L T y el ángulo T L Q, que indicaremos con

(1) Aqui se toma el horizonte en su primitivo significado, que es lo que descubre la vista, ó bien un plano tangente á la superficie de la tierra. A esto suelen llamar algunos *horizonte aparente*. Al plano paralelo á este y que pasa por el centro de la tierra, llaman horizonte verdadero, y á la distancia de este al Polo tomada en el circulo meridiano llaman altura de polo, que expresa lo alto que está el Polo respecto del horizonte. Este es modo de expresarse en los libros comunes, y aunque esto en sustancia es lo mismo que se dice en esta carta, se advierte para que algunos no se confundan ó crean que son cosas diferentes.

la letra *m* señalará lo que la recta L Q dirigida al polo está elevada sobre el horizonte; por lo que este angulo *m* se llama la *elevacion del polo*.

V. A. ha oido hablar con frecuencia de la elevacion del polo, que comunmente se llama la *altura de polo*, y que no es otra cosa que el ángulo que la linea recta L Q dirigida hacia el polo del cielo hace con el horizonte del lugar en que nos hallamos. V. A. comprehende al instante la posibilidad de observar el referido angulo *m* por medio de un instrumento astronómico, sin que sea menester que yo me detenga mas en esto.

La medida de este ángulo *m* ó la altura de polo, nos dará precisamente la latitud L, ó bien el ángulo *y*. Para esto nos falta probar que el ángulo *m* y el ángulo *y* son iguales.

Siendo la linea L Q paralela á C P, los ángulos *m* y *n* son alternos y de consiguiente iguales; y siendo la linea L T perpendicular al medio C L, el ángulo C L T será recto, y los otros dos ángulos *n* y *x* del triángulo C L T formarán juntos un ángulo recto. Pero el arco B D es un cuarto de círculo, y de consiguiente el ángulo B C D es recto: luego los dos angulos *x* é *y* formarán juntos tanto como los dos angulos *n* y *x*. Quitando de una y otra parte el ángulo *x*, será el angulo *y* igual al ángu-

lo *n* y tambien igual al ángulo *m* (1).

Antes hemos visto que el ángulo *y* expresa la latitud del lugar L, y el ángulo *m* es la elevacion o la altura de polo en el mismo lugar L: luego la latitud de un lugar es siempre igual á su altura de polo.

Asi es que las observaciones astronómicas hechas en Berlin nos han dado á conocer que la altura de polo es allí de 52 grados 31 minutos; y de aqui se ha inferido que la latitud es igual á 52 grados 31 minutos.

Este es un ejemplo palpable de como el cielo puede servirnos para conocer cosas que solamente son relativas á la tierra. =A 5 de setiembre de 1761.

(1) La demostracion que vamos á poner parece mas sencilla. Tírese la línea M N paralela á la L T, y será el horizonte verdadero: el arco B N ó el ángulo B C N es la altura de polo, igual á T L Q por razon de las paralelas. L N es un cuarto de círculo; B D es otro cuarto de círculo; quitando de ambos la parte comun B L, quedará B N igual á L D; esto es, la altura de polo igual á la latitud. Los medios que la astronomía nos suministra para observar la altura de polo, nos dan pues la latitud que buscamos.

CARTA 161.

Primer medio de conocer las latitudes; por la estima del camino andado.

Pasemos ahora á la longitud, observando lo primero que saliendo de un lugar conocido por mar o por tierra, se podrá fácilmente hallar la longitud del lugar á que hayamos llegado, si conocemos exáctamente lo largo del camino y su direccion; y aun entonces podremos hallarla sin el auxilio de la astronomía, lo que merece que nos detengamos en entenderlo.

Mídase lo largo del camino por pies, se sabe cuántos pies componen una milla, y cuantas millas entran en un arco de un grado de la tierra: y de esta manera se podrá expresar por grados el camino o espacio andado.

Por lo que hace a la direccion del camino es preciso conocer bien la posicion del meridiano del lugar en que nos encontramos. Como el meridiano es

por una parte al polo boreal ó hácia el Norte, y por la otra al polo meridional ó hacia el Sur, no hay mas que tirar sobre el horizonte una linea recta desde el Norte hácia el Sur, la que se llama la *linea meridiana* de aquel lugar. Esta linea se ha de trazar con todo el cuidado posible, y en esta parte el cielo debe servirnos de guia.

V. A. sabe que es medio dia cuando el sol se halla lo mas elevado sobre el horizonte; y entonces es precisamente cuando se halla hacia el Sur; de manera que la sombra de un palo perpendicular al orizonte, caerá exactamente hacia el Norte. Por aqui se puede comprehender como las observaciones del sol nos suministran los medios de trazar bien la linea meridiana en cualquier lugar que nos encontremos. (1)

(1) Uno de los medios prácticos y sencillos de trazar una meridiana es tomar una tabla bien lisa, en que haya trazados varios círculos con un mismo centro. En este se pone derecho en perpendicular una varilla delgada de hierro que remate en una punta. Este aparato se pone donde de el sol, colocandolo de modo que la tabla esté á nivel. A eso de las ocho de la mañana se observa el extremo de la sombra de la varilla, y se señala el punto que toca á uno de los circulos. Despues se sigue señalando los

Habiendo trazado la línea meridiana todos las demas direcciones son fáciles de determinar.

Sea la línea recta N S (estamp. 1 fig. 12) la meridiana, siendo N la parte que mira al norte, y S la que se dirige á medio dia ó sur. A esta meridiana tírese la recta perpendicular O E, cuyo extremo E se dirigirá hacia el oriente, que en otros tréminos llaman *Este*; y el otro extremo O mirará al ocidente a que tambien nombran *Oeste*. Dividiendo el círculo en 16 partes iguales, se tendrán otras tantas direcciones, que se nombran por las letras allí puestas; y en caso de que no se siga una de estas 16 direcciones, se señala el angulo que hace con

puntos en que dicho extremo toca sucesivamente á los otros círculos. Por la tarde á eso de las cuatro, se vuelve á observar, y se van señalando los puntos en que el extremo de la sombra va tocando sucesivamente á dichos círculos. Los arcos comprehendidos entre los dos puntos señalados en cada semicírculo, se dividen por medio, tirando una línea que resulta á ser una misma la que divide todos los arcos en dos partes iguales, y esta línea se llama la direccion de la meridiana.

La astronomía enseña otros medios mas exactos; pero que no debemos exponer en esta obra.

la meridiana N S ó con la línea O E perpendicular á ella. (*a*)

Por este medio se podrá conocer exactamente la direccion que se sigue viajando; y siempre que se tenga seguridad de lo largo del camino y de la direccion en que se ha ido, será muy fácil determinar el verdadero lugar á que se ha llegado, y señalar tanto su latitud como su longitud. Para esto se hace uso de un buen mapa geográfico, que contenga tanto el lugar de donde se ha partido como el otro donde se va; y por medio de la escala que dá el intervalo de cada milla se podrá trazar sobre este mapa el camino que se haya corrido.

La fig. 13 estamp. 1. representa un mapa en que estan señalados de izquierda á derecha los grados de latitud; y de arriba abajo los de longitud. Tambien se vé que los meridianos estan mas cerca unos de otros en la parte de arriba ó hacia el Norte, que en la de abajo ó hacia el

(*a*) A esta figura que se vé en la lámina suelen llamar *roseta*, y se encuentra en las brújulas para señalar las diferentes direcciones que aquí se expresan. Tambien se usa de la division y de sus nombres para indicar la direccion en que viene el viento, particularmente entre la gente de mar; y así dicen que sopla el Norte, cuando el viento viene de aquella Parte, y así de los demas.

Sur, como ya sabemos que debe ser.

Este mapa contiene una parte de la superficie de la tierra desde los 53 grados de latitud boreal, hasta los 59 grados de la misma, y desde 13 hasta 26 grados de longitud.

Supongamos pues que se salga del lugar L cuya longitud es 16 grados, y la latitud 57 grados, 20 minutos, y que se siga la direccion O S O en la que se haya andado 75 millas de Alemania. Para hallar la longitud del lugar adonde se ha llegado, se tira del lugar L la recta L M que haga con el meridiano 16. 16 el mismo ángulo que hace en la figura precedente la direccion O S O con N. S. Sobre esta linea se pone el intervalo de 75 millas tomado de la escala puesta en el mapa, desde el punto L, y el punto M será el lugar á que se ha llegado.

Despues de esto no hay mas que comparar este lugar con los meridianos y paralelos trazados en el mapa, y se verá que su longitud cae muy cerca de los 24 grados; y midiendo con mas exactitud lo que se ha de añadir á los 24 grados, se hallará la longitud del punto M de 24 grados 4 minutos. Por lo tocante á la latitud se ve que se halla entre los 55 y 56 grados, y se la estimará facilmente de 55 grados 25 minutos; de manera que

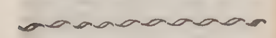
la latitud del lugar M á que se ha llegado es de 55 grados 25 minutos, y su longitud de 24 grados 4 minutos.

He supuesto que durante todo el viaje se ha seguido la misma direccion (1) señalada O S O; pero si se mudaba el rumbo de cuando en cuando, se deberia hacer la misma operacion á cada mudanza para hallar el lugar donde se está, y desde este tirar el rumbo ó direccion siguiente, hasta mudarlo de nuevo, y así en adelante hasta llegar al lugar último. Por este medio se conseguirá en los viajes, conocer los lugares adonde se llega, con tal que se sepa exactamente la direccion en que se vá, y que se mida con igual exactitud el camino corrido. Esto puede hacerse sin el auxilio de la astronomía á menos que no se necesitase para conocer el rumbo ó el ángulo que hace con la meridiana; para lo cual puede tambien emplearse la brújula en muchas ocasiones.

Sin embargo V. A. conoce que es facil engañarse mucho en el computo de lo largo del camino y su direccion, sobre todo en viajes largos. Para ir de un pueblo á otro cercano se muda de direccion muchisimas veces, y no deja de ser árduo el medir exactamente lo largo del

(1) Esto es á lo que llaman *rumbo* en el mar.

camino. No obstante cuando el viaje se hace por tierra se pueden medir usando de operaciones geométricas, las distancias de los lugares, y los ángulos que sus direcciones forman con la meridiana de cada lugar; y por este medio se determina con bastante exactitud la verdadera situacion de todos los lugares. = A 8 de setiembre de 1761.



CARTA 162.

Continúa el mismo asunto; defectos de este método.

El método de observar el rumbo que se sigue y medir el camino andado, parece de grande auxilio en los viajes por mar, porque en ellos no hay que mudar de direccion á cada paso, como cuando se viaja por tierra, sino que se puede seguir en la misma mientras dura el mismo viento.

Los pilotos cuidan mucho de observar exactamente el rumbo de la nave, y medir el camino corrido, de lo que llevan un diario puntual; y al fin de cada dia, y aun

mas á menudo, trazan sobre sus mapas el camino que han corrido, por cuyo medio saben siempre señalar el punto donde se encuentran en el mapa, y de consiguiente conocen su latitud y longitud. Así es que en andando la nave con regularidad, sin que sea agitada por alguna tempestad, los pilotos no se engañan; pero si tienen alguna duda recurren á las observaciones astronómicas para hallar la altura del polo, que siendo igual á la latitud del lugar en que se hallan, la comparan con la que ellos han señalado en el mapa, deducida de la estima del camino. Si las encuentran conformes, conocen que la estima es exacta: si encuentran alguna diferencia, infieren que se han engañado en la estima; y entonces examinan de nuevo lo uno y lo otro; haciendo las correcciones necesarias para concordar la estima con la observacion de la altura de polo ó de la latitud que le es igual.

Esta precaucion seria suficiente en viages cortos, por no ser entonces de consecuencia los errores que se cometen; pero en viages largos, pueden irse acumulando estos pequeños errores, de manera que al fin resulte un engaño considerable, y que el lugar donde la nave se halla efectivamente diste mucho del que se infiera por la estimá.

Hasta ahora he supuesto que el viage

se hace tranquilamente; pero si sobreviene una tempestad en que la nave tiene que sufrir vientos recios y el choque de las olas, es claro que la estima de lo largo del camino y del rumbo padecerá alteracion, y no será nada fácil señalar sobre el mapa el camino corrido.

Bien pudiera determinarse por medio de observaciones astronómicas la latitud del lugar en que la nave se halla despues de esta alteracion; pero de este modo solo se conoceria el paralelo del lugar, sin tener seguridad del punto de este paralelo que corresponde al lugar de la nave. Se necesita, pues, conocer tambien la longitud del lugar, para tener el meridiano en que está situado; y entonces la intercepcion de este meridiano con el paralelo hallado, dará el verdadero punto en que se halla la nave. V. A. ve y entiende bien la importancia de que los pilotos sepan hallar tambien la longitud del lugar en que se hallan.

Las tempestades no son las únicas causas que obligan á ello; porque aun suponiendo que no las haya, puede haber grande error tanto de la estima de lo que anda la nave, como del rumbo. Si se pudiese suponer en reposo el mar, habria muchos medios de conocer el camino con bastante exactitud; pero el mar tiene corrientes rápidas en muchos parages, al modo de un rio que corre en determinada direccion. Asi es que se ha observa-

do que el mar Atlántico corre continuamente por el estrecho de Gibraltar al Mediterraneo; y que el Occeano entre el Africa y la América tiene una gran corriente de oriente á occidente, de manera que la ida de Europa á la América es mas pronta que la vuelta.

Si estas corrientes fuesen constantes y conocidas, podia entonces arreglarse la estima; pero como se ha observado que á veces son mas, á veces menos rápidas, y que otras veces mudan de direccion, no es posible fiarse á la estima de los pilotos mas hábiles sin esponerse al mayor peligro. Son muchos los ejemplos de naves que creyendose todavia muy distantes de los bajos ó escollos ocultos bajo las aguas del mar, han naufragado y perecido en ellos, y despues se ha advertido que las corrientes habian alterado la estima de los pilotos, y causado estas desgracias.

En efecto, cuando el mar tiene un movimiento que la hace correr como un rio, siguiendo cierta direccion, las naves que se hallan alli son llevadas con ella sin que se advierta. En un rio se conoce esto, mirando á la orilla o al fondo; pero en el mar no se ve tierra ninguna, ni puede descubrirse el fondo. De consiguiente no se puede conocer en el mar [illegible] se lleva la nave, por cuya causa el piloto se engaña mucho en la estima. Asi, pues, que haya ó no tempestades, siempre hay que buscar otros medios de determinar la longitud de los lugares

donde está la nave. Estos medios que se han imaginado para adquirir este conocimiento merecen la atencion de V. A. y yo me propongo dárselos á conocer. = A 12 de setiembre de 1761.

CARTA 163.

Segundo medio de determinar las longitudes por un relox exacto.

Un medio muy seguro de conocer la longitud seria un péndulo ó un relox tan perfecto, esto es, que anduviese siempre tan igual y exactamente que nada fuese capaz de alterar su movimiento.

Supongamos que se ha conseguido construir este relox, y veamos como serviria para resolver el problema de las longitudes. Para ello es menester volver á considerar los meridianos que se imaginan tirados por todos los puntos de la tierra.

V. A. sabe que el Sol parece describir cada dia un círculo al rededor de la tierra; y por consiguiente pasa sucesivamente so-

bre todos los meridianos en el tiempo de veinte y cuatro horas.

Dícese que el Sol pasa *sobre* ó *por* un cierto meridiano cuando la línea recta tirada desde el Sol al centro C de la tierra (fig. 14 lamina 1.a) pasa precisamente por este meridiano. Si pues dicha línea pasa por el meridiano B L M A se dirá que el Sol está en este meridiano, y sera medio dia ó las doce en todos los lugares situados en él; pero no lo será en otro cualquiera alguno, sino que será mas ó menos.

Si el meridiano B N A está situado mas hácia el oriente que el meridiano B N A, el Sol dando su vuelta de oriente á occidente pasará por el meridiano B N A antes de llegar al meridiano B M A; y de consiguiente seran las doce ó medio dia en este meridiano B N A antes que en el otro B M A. Por la misma razon cuando en este ultimo meridiano sea medio dia, ya habrá pasado el medio dia en cualquier otro meridiano situado mas al oriente. Al contrario, todavia no será medio dia en cualquier otro meridiano B D A situado mas hacia el occidente, pues el Sol no llega á él sino despues de haber pasado por el meridiano B M A.

Y como el movimiento del Sol se hace uniformemente y da la vuelta entera al rededor de la tierra, esto es 360 grados en 24 horas, viene á correr en cada hora un arco de ella de 15 grados. Luego cuando es

medio dia en Berlin, ó en cualquiera otro lugar situado en el mismo meridiano, ya será mas de medio dia en los meridianos situados mas hácia el oriente; y en el meridiano situado á 15 grados hácia el oriente de Berlin será la una; en el meridiano distante 30 grados, serán las dos: en el que diste 45 grados serán las tres, y así de las demas. Lo contrario sucederá en los lugares situados en los meridianos mas occidentales que Berlin; y si en este es medio dia, solo seran las once en el que diste 15 grados; las diez en el que esté distante 30 grados; las 9 en el que esté á 45 grados mas al occidente que Berlin, y así de los demas; contando siempre una hora de tiempo por cada 15 grados de diferencia entre los meridianos.

Para aclarar mas este punto, consideremos las ciudades de Berlin y Paris: y como el meridiano de Berlin está 11° 7′ 15″ mas hácia el oriente que el de Paris, contando á razon de una hora por 15 grados, esta diferencia dará 44 minutos 29 segundos de tiempo, lo que viene á ser tres cuartos de hora con poca diferencia. Asi, pues, cuando en Paris son las doce ó medio dia, en Berlin son ya las doce, 44 minutos y 29 segundos; y reciprocamente cuando en Berlin es medio dia serán en Paris las 11 y 15 minutos con 31 segundos; de suerte que el medio dia sera 44 minutos 29 segundos mas tarde que en Berlin. Por donde se vé

que siempre los relojes de Berlin irán mas adelantados que en Paris, siendo la diferencia de 44′ 29″.

La diferencia entre los meridianos de Berlin y de Magdebourgo es 1° 14′, estando Berlin al oriente de Magdebourgo. Esta diferencia reducida á tiempo da 6 minutos 40 segundos, que los relojes de Berlin deben señalar de mas que los de Magdebourg. Por consiguiente, si es medio dia en Magdebourgo, de suerte que los relojes estando bien arreglados, señalan las 12, los de Berlin señalaran en el mismo instante 12 horas 6 minutos 40 segundos.

V. A. vé, pues, que al paso que los lugares se diferencian en longitud ó que estan situados bajo diferentes meridianos, no deben los relojes señalar la misma hora en el mismo instante, sino que la diferencia del tiempo debe ser á razon de una hora por cada 15 grados de diferencia en longitud.

Si quisiesemos, pues, valernos de un relox para hallar la longitud de los lugares por donde vamos, seria menester arreglarlo bien en el parage de donde se salga. Esto se hace por medio de la observacion del medio dia, que es el instante en que el Sol pasa por el meridiano de dicho parage, y entonces debe el relox señalar exactamente las doce. Despues de esto, el relox ha de estar hecho de modo que pasadas las 24 horas

cuando el Sol vuelve al meridiano, la manecilla despues de haber dado dos vueltas enteras se halle exactamente en las doce. Siendo los relojes bien arreglados no iran acordes en diferentes parages, á no ser que estos se hallen en un mismo meridiano; pero si estan situados bajo diversos meridianos, ó que hay diferencia entre sus longitudes, los tiempos que los relojes señalen en un mismo instante serán diferentes; de manera que por cada 15 grados de diferencia en longitud, corresponderá una hora de diferencia entre los tiempos señalados por los relojes.

Conociendo, pues, la diferencia entre los tiempos que los relojes bien arreglados señalan en diversos parages en un mismo instante, se inferirá la diferencia entre sus longitudes, contando siempre 15 grados por una hora, y un cuarto de grado por cada minuto de tiempo. = A 15 de setiembre de 1761 (a).

(a) Aqui se supone la igualdad de los dias por simplificar la esplicacion, no siendo el objeto mas que dar á conocer los fundamentos de los métodos. El Sol no vuelve siempre al meridiano en igual tiempo, y como un buen relox señala igual duracion en 24 horas, no puede siempre corresponder el paso del Sol por el meridiano á la indicacion del relox mas perfecto. Por eso se hace distincion entre *tiempo verdadero y tiempo medio*, de que se ha hablado en otra parte.

CARTA 164.

Continúa el mismo asunto.

La diferencia del tiempo que los relojes bien arreglados deben indicar en diferentes meridianos, parecerá menos estraña en reflexionando que cuando nosotros tenemos medio dia, hay paises hácia el oriente en que el Sol ya se pone, y los hay hácia el occidente en donde empieza á salir. Ademas sabe V. A. que en los antípodas que se hallan en el meridiano opuesto al nuestro, es de noche mientras aqui es de dia, de suerte que cuando aqui es mediodia allá es media noche y al reves.

En vista de esto, nos será fácil entender como un buen relox servirá para conocer la diferencia de meridianos ó de longitud de diversos lugares.

Supongamos que yo tenga este excelente relox, que estando arreglado señale exactamente el tiempo en Berlin, de suerte que indique las doce siempre que en Berlin es medio dia (*b*). Supongamos igualmente que

(*b*) El relox no señalará esto, segun se ha

ande con tanta regularidad que, arreglado una vez no haya necesidad de tocarle, y que no se altere su movimiento, sea que se lleve en un coche, sea á bordo de un navío, expuesto á varios movimientos, al calor, y frio, &c.

Si ahora, pues, hago un viage, por tierra ó por mar, estando seguro de que mi relox conserva siempre el mismo movimiento como si hubiese permanecido en Berlin, cada dia me señalará las doce en el mismo instante que es en Berlin medio dia, sea el que fuese el lugar de donde me halle. Llego, pues, á Magdeburgo y observo cuando pasa el Sol por el meridiano; y como entonces es allí medio dia, miro mi relox, y veo que señala 12 horas 6 minutos 40 segundos: de donde infiero que cuando en Magdeburgo es medio dia, ya es mas en Berlin, y que la diferencia de tiempo es de 6 minutos 40 segundos, que corresponde á 1° 40′. Luego el meridiano de Magdeburgo está mas hácia el occidente que el de Berlin. Siendo, pues, la longitud de Berlin de 31° 27′ 15″, la de Magdeburgo será 1° 40′ menor, o será de 29° 27.′ 15.″

dicho; pero se sabe la correccion que se le debe hacer, y aqui se supone todo esto para mayor claridad. Tampoco importa que el relox atrase ó adelante, con tal que se sepa cuanto retarda ó adelanta.

De aqui paso á Hamburgo con mi relox sin tocarle; y observo allí el medio dia, sin fiarme de los relojes públicos que señalan las horas; y veo que mi relox señala 12 horas 13′ 33″, que es la hora de Berlin cuando en Hamburgo es medio dia. Infiero, pues, que el meridiano de Hamburgo está 3° 23′ 5″ mas occidental que el de Berlin; y que la longitud de Hamburgo es de 27° 44′.

En Hamburgo me embarco con mi relox, y despues de un largo viaje, llego a un lugar donde observo el medio dia por medio del Sol, y hallo que entonces señala mi relox 10 horas 58′ 15″ cuya hora será en Berlin, siendo la diferencia del tiempo 1 hora 1′ 45″ infiero que el lugar adonde he llegado está mas hácia el oriente que Berlin, y que la diferencia de los meridianos es de 15° 26′ 15″. Me hallo, pues, en un lugar situado mas hácia el oriente que Berlin, y cuya longitud es de 15° 26′ 15″ mayor que la de Berlin, y siendo esta de 31° 7′ 15″, la longitud del lugar en que me hallo sera de 46° 33′ 30″. Asi, pues, ya sé en qué meridiano me encuentro; pero no en qué punto de él. Para averiguar esto recurro a las observaciones astronomicas, y busco la altura de polo que encuentro ser de 41° cabales. Sabiendo ademas que estoy en el hemisferio boreal de la tierra, pues no he pasado el ecuador, estoy cierto de que me hallo en un lugar cuya latitud boreal es de 41°, y la longitud de

46° 33′ 30″. Tomo, pues, un mapa, señalo el meridiano cuya longitud es 46° 33′ 30″; busco en él el punto cuya latitud es de 41° y hallo que es la ciudad de Constantinopla donde me encuentro, sin necesidad de preguntar á nadie el nombre de la ciudad donde estoy.

De esta suerte, sea el que fuere el parage de la tierra á que yo llegue con mi excelente relox, determinaré la longitud, y despues la observacion de la altura de polo me dará la latitud. Entonces tomaré un globo terrestre, o buenos mapas, y buscaré allí el punto correspondiente al lugar en que me hallo, por mas desconocido que me sea el pais (a).

Por desgracia los artistas mas habiles no han logrado todavía hacer relojes tan excelentes como requiere este método. Hay algunos péndulos muy buenos; pero no andan con regularidad sino cuando estan fijos en un aposento del todo tranquilo y firme: el mas ligero movimiento los altera; y asi son enteramente inútiles para los viajes, pues en estos el péndulo que arregla el movimiento del relox padeceria grandes vaivenes. Sin embargo, habrá cosa de diez años que un ar-

(a) Bien se ve que esto supone que está descrito el globo terrestre de antemano; pero tambien se entiende que lo que aqui se dice se dirige á la navegacion, y que en la mar se necesita á cada paso saber el punto donde se está.

tista ingles anunció haber construido un relox insensible a los movimientos de un viaje; y aun se dijo que habiendolo llevado en un coche no se le notó la mas leve alteracion, por lo que el inventor recibió parte del premio destinado al descubrimiento de la longitud, y lo restante se le debia entregar despues que se probase en un largo viaje por mar; pero despues de esto las gacetas no han vuelto á decir nada de ello, por lo que es de presumir que se habrá frustrado esta empresa, como otras muchas de la misma especie (*a*) = A 19 de setiembre de 1761.

(*a*) Los relojes marinos ó de longitud, que no son otra cosa que unos relojes excelentes, se han perfeccionado bastante en estos tiempos. Los ingleses han construido algunos muy buenos; y entre los franceses los han hecho le *Roy* y Berthout. D. Alejandro Malespina en la expedicion para dar la vuelta al mundo, llevó un relox construido por Breguet, y en carta escrita al excmo. sr. conde de Fernan-Nuñez decia, que si se hubiesen fiado del relox de Breguet, que les dió exactamente la longitud, se hubieran escusado la detencion que tuvieron por no creerse donde el relox les indicaba.

CARTA 165.

Los eclipses de Luna son otro medio de determinar las longitudes.

Por falta del excelente relox de que he hablado, se han mirado hasta ahora los eclipses de Luna como el medio mas seguro para descubrir las longitudes; pero estos fenomenos suceden tan rara vez, que no pueden servir siempre que se necesita.

Es sabido que la Luna se eclipsa cuando pasa por la sombra de la tierra. Entonces se puede observar el instante en que la Luna empieza á entrar en dicha sombra, y el momento en que sale: el primero se llama el principio del eclipse y el otro el fin; y cuando se observan ambos, el tiempo medio entre los dos, se llama el medio del eclipse. La Luna se oculta algunas veces enteramente en la sombra de la tierra, permaneciendo invisible por algun tiempo; y entonces hay un *eclipse total*, en el cual se puede observar el instante en que la Luna des-

aparece enteramente, y el otro en que empieza á salir de la sombra: al primero se llama principio del obscurecimiento total, y al segundo el fin. Pero cuando solamente se obscurece una parte de la Luna, este eclipse se llama *parcial*, y solo se puede observar el instante del principio y el del fin. V. A. sabe que los eclipses de la Luna no se verifican sino en los plenilunios, y aun entonces rara vez.

Cuando, pues, se observa un eclipse de Luna en dos parajes diferentes situados en diferentes meridianos, se ve el principio del eclipse en el mismo instante desde ambas partes; pero los relojes señalarán hora diferente suponiéndolos arreglados á la observacion del Sol. Si los dos parages estan situados en un mismo meridiano, entonces los relojes señalarán el mismo tiempo al principio y al fin del eclipse; pero si los meridianos distan entre sí 15°, ó la diferencia de longitud es de 15°, los relojes señalarán el tiempo con una hora de diferencia en el principio y en el fin del eclipse, señalando el relox que esté mas hácia el oriente, una hora mas que el otro. La diferencia de 30° en longitud causará la de dos horas en el tiempo señalado por los relojes; y así en adelante segun se expresa en la siguiente tabla.

Diferencia en longitud.		*Diferencia en tiempo.*
15. grados	hacen	1 horas.
30.		2
45.		3
60.		4
75.		5
90.		6
105.		7
120.		8
135.		9
150.		10
165.		11
180.		12

Si, pues, la diferencia en longitud es de 150°, los relojes diferirán en 10 horas al principio, y al fin del eclipse.

Cuando se observa, pues, un mismo eclipse en dos parages diferentes, y se toma exactamente la hora en el instante del principio del eclipse, se podrá por la diferencia entre estos tiempos, señalar la de longitud de estos lugares. Aquel en que la hora sea mas tarde, estará situado mas hácia el oriente, y por consiguiente será mayor su longitud, pues las longitudes se cuentan de occidente á oriente.

Por este medio se ha determinado la longitud de los principales lugares de la tierra, y así se han formado los mapas geo-

gráficos. Para esto se necesita comparar las observaciones hechas en un lugar, cuya longitud no se conoce, con las que se hacen en otro lugar conocido, y esperar á que se tengan las observaciones para hacer la comparacion. Si yo, pues, llegase despues de un largo viaje á un lugar desconocido y se presentase la ocasion de observar un eclipse de Luna, de nada me serviria esto para conocer mi longitud en aquel momento; y solamente despues de mi vuelta podria comparar mi observacion con otra hecha en un lugar conocido, y saber entonces en qué lugar habia estado. Lo esencial es de saberlo allí mismo para tomar mi resolucion.

Sin embargo como desde que se conoce bastante exactamente el movimiento de la Luna, se puede no solo pronosticar todos los eclipses, sino tambien señalar el instante del principio y del fin para un meridiano cualquiera, ó segun el relox de un lugar conocido, podrán, pues, servir para el objeto que me propongo. Todos saben que en los almanakes se indica siempre el principio y fin del eclipse. Ademas de esto hay libros en que los eclipses estan calculados para muchos años seguidos, y de consiguiente se sabe la hora de su principio y fin en cierto meridiano.

Asi, pues, si llego á un paraje desconocido, y observo allí un eclipse de Luna, apunto exactamente la hora por medio de un

relox arreglado al mediodia; y comparo luego los tiempos del principio y fin del eclipse con los que indica el libro, de lo que infiero la diferencia entre los meridianos.

Ademas de ser poco frecuentes los eclipses de Luna, se halla en este metodo el inconveniente de no poder distinguir con toda exactitud el momento del principio y el del fin del eclipse, porque llega casi insensiblemente, y es facil engañarse en algunos segundos; pero como el error será casi el mismo respecto del principio que de fin, se toma el medio entre los dos momentos observados, que será el del eclipse, y se le compara con el que esta calculado en el libro para otro lugar ó meridiano conocido. = A 22 de setiembre de 1761.

CARTA 166.

Las observaciones de los eclipses de los satélites de Júpiter, dan otro método de determinar las longitudes.

Los eclipses de Sol pueden tambien servir para determinar las longitudes; pero de

un modo que pide investigaciones mas profundas, porque el Sol no es inmediatamente obscurecido, sino que la Luna se pone delante de él, é impide que sus rayos lleguen á nosotros, como cuando se lleva un parasol para que no nos den sus rayos, lo que no impide que otros le vean. Asi la Luna no oculta al Sol sino á una parte de los habitantes de la tierra; y podemos muy bien ver un eclipse de Sol en Berlin, mientras que su luz no padece ninguna diminucion en Paris.

Pero la Luna se eclipsa realmente por la sombra de la tierra, disminuyendose ó extinguiéndose su luz: de donde resulta que los eclipses de Luna se ven de un mismo modo en donde quiera que se halle sobre el horizonte al tiempo del eclipse.

Bien se ve que si hubiese en el cielo otros cuerpos que tuviesen de cuando en cuando algun obscurecimiento real, podrian igualmente servir para determinar las longitudes. En este caso se hallan los satélites de Júpiter, que pasan tan á menudo por la sombra de su planeta, que casi todas las noches se eclipsa alguno de ellos, y así nos suministran un buen medio de determinar las longitudes, del cual se valen los astrónomos con mucha frecuencia y buen éxito.

Sabemas que Júpiter tiene cuatro satélites que hacen sus revoluciones al rededor de él, cada uno en su orbita, como lo represento en la fig. 15 estampa 1., por los círculos

descritos al rededor de Júpiter; y tambien se ve allí el Sol que he puesto para señalar la sombra A O B detras del cuerpo de Jupiter. En esta figura se ve el primer satelite señalado 1 cerca de enrrar en la sombra; el segundo señalado 2 acaba de salir: el tercero 3, esta todavía muy distante de entrar, y el cuarto 4 ha salido tiempo há.

Al punto que un satelite entra en la sombra queda invisible, de manera que desde cualquier punto de la tierra se ve eclipsarse el satelite que hasta entonces aparecia distintamente. Esta entrada del satélite en la sombra de Júpiter se llama *inmersion*, y su salida de la sombra *emersion*, que es cuando se vuelve á ver subitamente despues de estar invisible por algun tiempo.

Las inmersiones y emersiones, son muy apropósito para determinar las longitudes, pues suceden en un instante fijo; de suerte que cuando se observa uno de estos fenómenos en varios lugares de la tierra, se debe hallar en los tiempos que señalan en cada uno los relojes, la diferencia que corresponde á la de los meridianos; lo mismo que si se observase el principio y el fin de un eclipse de Luna. Hace algun tiempo que se ha llegado a pronosticar estos eclipses de los satélites de Jupiter, esto es, sus inmersiones y emersiones: de consiguiente no hay mas que comparar el tiempo observado con el tiempo calculado para un lugar conocido,

como Berlin ú otro, y se concluye al punto la diferencia entre los meridianos.

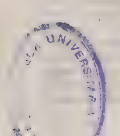
Este método se emplea mucho en los viajes por tierra; pero todavía no puede servir en la mar, que es donde mas se necesita para conocer el lugar donde se halla la nave. Si se pudiese ver á simple vista los satélites de Júpiter tambien como la Luna, no habria ninguna dificultad; pero esto no se consigue sino con un anteojo de cuatro ó cinco pies de largo por lo menos; cuya circunstancia inutiliza este método en el mar.

V. A. conoce quanta agilidad se necesita para usar en tierra de un anteojo algo largo, para dirigirlo al objeto que se quiere ver, y tenerlo fijo sin perder el objeto. De aqui se infiere al punto que en una nave que está en continua agitacion, ha de ser casi imposible descubrir ni aun á Júpiter; y que aun cuando se le halle con el anteojo, se le perderá de vista al instante. Por otra parte, para observar la inmersion ó emersion de un satélite de Júpiter, es preciso estar mirándole por algun tiempo; y no siendo esto posible en el mar, parece que debemos renunciar á este método de determinar las longitudes.

Hay sin embargo dos medios de remediar este inconveniente: el primero es emplear anteojos de seis pulgadas ó menos, pues descubren con bastante distincion los satélites de Júpiter; pues serán mas fáciles de mane

jar que los de cuatro ó cinco pies. En el dia se trabaja mucho en perfeccionar estos anteojos; pero falta saber sino se necesitará tanta destreza para dirigirlos al objeto, como los otros mas largos.

El otro medio sería, de tener un sitio fijo é inmovil que no sufriese los valances de la nave; y para esto pudiera conseguirse imaginando algun modo para ello. En efecto, no hay mucho tiempo que hemos leido en las gacetas, que un inglés habia inventado un asiento ó silla, por la que pretendia se le diese el premio propuesto para el descubrimiento de las longitudes, en lo que tenia razon, pues por este medio se podian observar en el mar las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter, que son muy adecuadas para determinarlas; pero despues no he vuelto a oir hablar de esto. Entre tanto V. A. conocera lo dificultoso que es el descubrimiento de las longitudes en el mar. =
A 26 de setiembre de 1761.



CARTA 167.

El movimiento de la Luna suministra el quinto medio de determinar las longitudes.

El cielo nos suministra otro recurso para llegar sin ningun anteojo al descubrimiento de las de longitudes, y en este parece que los astrónomos tienen la mayor confianza. La Luna puede servir para esto, no solo en sus eclipses, sino siempre con tal que esté visible: ventaja inmensa por razon de ser tan raros los eclipses, y de que las inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter no se verifican siempre que se necesita; ademas de que todos los años se pasa mucho tiempo sin que este visible el planeta Júpiter, en lugar de que la Luna se presenta casi siempre á nuestra vista.

V. A. habrá notado que la Luna sale cada dia casi tres cuartos de hora mas tarde que el dia anterior, porque no está en un lugar fijo relativamente á las estrellas que conservan siempre la misma situacion entre sí, no obstante que parezcan hacer una re-

volucion entera cada dia al rededor de la tierra. Hablo aquí segun las apariencias, porque en realidad la tierra es la que gira cada dia sobre su eje, permaneciendo en reposo el cielo y las estrellas fijas, y mudando de lugar continuamente los planetas respecto de ellas. La Luna tiene tambien un movimiento bastante rápido de un dia á otro, respecto de las estrellas fijas.

Si hoy vemos la Luna cerca de una cierta estrella fija, mañana a la misma hora la veremos muy léjos de ella hácia el oriente, y esta distancia es á veces de mas de 15 grados. La velocidad de su movimiento no es siempre la misma; pero no obstante se ha logrado determinarla con mucha exactitud para todos los dias: lo que nos da á conocer de antemano su verdadero lugar en el cielo á cualquir hora, respecto de un meridiano conocido como el de Berlin, Paris u otro.

Supongamos, pues, que en un largo viaje me encuentro en el mar sin saber donde estoy, y veamos como me podrá servir la Luna para conocer la longitud del lugar en que me hallo; pues en cuanto á la latitud no hay dificultad aunque sea en el mar, habiendo medios seguros para observar la altura del polo que es igual á la latitud. Toda mi atencion se dirigirá pues á la Luna y á compararla con las estrellas fijas mas cercanas a ella, infiriendo su verdadero lugar respecto de ellas: V. A. sabe que hay 5

bos celestes, sobre los cuales estan señaladas todas las estrellas fijas; y que tambien hay mapas celestes semejantes á los geográficos, en los que se representan las estrellas fijas que se hallan en una parte del cielo. Tomando, pues, un mapa celeste en que esten señaladas las estrellas fijas que estan cerca de la Luna, me será fácil señalar el lugar en que entonces se halla la Luna; y mi relox que yo habré arreglado allí observando el mediodia, me indicará la hora de la observacion. Despues en virtud de conocer el movimiento de la Luna, calculo para Berlin la hora á que ha debido aparecer en el mismo lugar del cielo en que yo la he visto. Si el tiempo observado conviene con el tiempo de Berlin, es prueba de que el lugar en que me encuentro está bajo el meridiano de Berlin, y de consiguiente la longitud es la misma. Pero si el tiempo de mi observacion no es el de Berlin, la diferencia dará la que hay entre los meridianos; y contando 15 grados por cada hora de tiempo sacaré lo que la longitud de este lugar es mayor ó menor que la de Berlin. Donde el tiempo sea mayor, la longitud sera mayor.

Este es en sustancia el método de determinar las longitudes por la observacion de la Luna. Es de advertir que la ocasion mas oportuna para determinar el lugar de la Luna es cuando se oculta detras de ella alguna estrella fija. Llamase á esto *ocultacion*, de la

que hay dos instantes que observar: el uno cuando la Luna cubre á la estrella, y el otro cuando la estrella vuelve á aparecer. Los astrónomos tienen gran cuidado de observar estas ocultaciones para concluir el verdadero lugar de la Luna.

Veo que V. A. me querrá hacer una objecion, pues habiendo yo sentado antes que era imposible tener relojes tan perfectos que siempre anduviesen con regularidad á pesar de las varias causas que alteran la uniformidad de su movimiento, ahora supongo que el observador tiene y hace uso del relox en el mar. A esto debo decir que antes hablé de un relox que anduviese exactamente bien por largo tiempo, sin que hubiese que tocarle; porque en las observaciones de que ahora se trata es suficiente un relox regular, que ande bien por algunas horas despues de haberlo arreglado al medio dia del lugar en que se está. Aun cuando no haya seguridad de que el relox ande bien desde el medio dia hasta la noche en que se ha de observar la luna, nos suministran las estrellas el medio de arreglarle de nuevo: porque conociendo la situacion del Sol respecto de las estrellas fijas para un tiempo cualquiera, basta la observacion de alguna estrella para determinar el lugar en que el Sol debe entonces hallarse y concluir la hora que el relox bien arreglado

deberia señalar. Asi, pues en el instante mismo que hacemos la observacion de la Luna, podemos tambien arreglar nuestro relox; y para tan corto tiempo como se necesita, cualquiera relox sirve. = A 21 de setiembre de 1761.



CARTA 168.

De las ventajas que este último método lleva á los otros, y del grado de exactitud que tiene.

Este último modo de hallar las longitudes, fundado en la observacion de la Luna, parece ser el que merece la preferencia; pues los otros estan sujetos á muchas dificultades, o no es frecuente la ocasion de servirse de ellos. Bien se vé que el éxito depende únicamente del grado de exactitud en las operaciones; y que los errores que se pueden cometer darian un resultado que no serviria. Importa pues dar á conocer el grado de exactitud que se puede esperar usando de este método, fundado en la mudanza considerable que tiene la Luna de un dia a otro en su posicion. Podemos decir que si el movimiento de este astro fuese rápido,

seria todavía mas á proposito para descubrir las longitudes, pudiendo aproximarnos mas á la verdad. Si al contrario fuese mas lento, y no pudiésemos casi discernir su mudanza de un dia para otro, no podriamos sacar ningun auxilio de el para el conocimiento de las longitudes.

Supongamos pues que la Luna muda de lugar entre las estrellas fijas de 12 grados en 24 horas; de consiguiente mudará un grado en 2 horas ó de medio grado 30 minutos de grado en una hora: si nos engañamos en 30 minutos en la observacion de un lugar de la Luna, será lo mismo que engañarnos en una hora de tiempo, y en la conclusion cometeremos el error de una hora en la diferencia de meridianos. Pero una hora de diferencia entre los meridianos corresponde á 15 grados de longitud; por consiguiente nos engañamos en 15 grados de la longitud del lugar que buscamos, lo que sin duda seria un error enorme y casi valdria lo mismo que no saber nada, pues la estima del camino y del rumbo no nos expondria nunca á tan grosero error. Pero para engañarse en 30 minutos sobre el lugar de la Luna, era menester suponer mucha torpeza, y que los instrumentos fuesen muy malos, lo que nunca sucede.

Sin embargo por excelentes que sean los instrumentos, y por mas cuidado que se ponga, es imposible evitar todo error, y se ne-

cesita mucha habilidad para que no llegue á un minuto de grado en la determinacion del lugar de la Luna. Como la Luna muda de 30 minutos en una hora, mudará un minuto de grado en dos minutos de tiempo. Cuando pues no hay mas error que de un minuto en el lugar de la Luna, resultará el error de dos minutos de tiempo en la diferencia de los meridianos, y como una hora ó 60 minutos corresponden á 15 grados en longitud, resultará el error de medio grado en la longitud; cuyo grado de exactitud sería suficiente si pudiésemos conseguirlo.

Hasta aqui he supuesto que conocemos el movimiento de la Luna tan bien, que podemos determinar sin error su verdadero lugar á cada instante respecto de un meridiano conocido; pero estamos muy distantes de llegar á tal punto de perfeccion. No hay veinte años que en el calculo se cometia un error de mas de seis minutos; y solamente desde que *Mayer*, celebre profesor de Gotinga, ha seguido el camino que yo propuse, se ha conseguido disminuir este error á menos de un minuto. Bien pudiera suceder que en el calculo cometiésemos el error de un minuto, que junto con el otro minuto cometido en la observacion del lugar de la Luna, resultaria un error de dos minutos en la longitud del lugar en que nos hallasemos; y por consiguiente el error seria de un grado en la longitud. No es fuera del

caso advertir que si en las veinte y cuatro horas corriese la Luna un espacio mayor que 12 grados, el error en la longitud seria de menor consideracion. Tal vez se encontrará algun medio de disminuir mas los errores de la observacion y del cálculo; en cuyo caso este método nos descubriria la longitud con diferencia de menos de un grado. Aun asi se puede esperar mayor exactitud; y para ello se hacen repetidas observaciones, pues no es probable que todas sean igualmente defectuosas: las unas darán mayor la longitud, las otras menor, y tomando un medio entre estos resultados, se puede creer que esta longitud no se diferencia un grado de la verdadera.

Los Ingleses queriendo estimular á esta investigacion, han propuesto tres premios, el primero de 10. 000, el segundo de 15. 000, y el tercero de 20. 000, libras esterlinas. El primero está destinado al que halle las longitudes con un grado de diferencia, de suerte que el error no pase nunca de un grado. El segundo al que resuelva la cuestion con mas exactitud, de manera que el error no pase de dos tercios de grado ó 40 minutos. El tercero se dará al que determine las longitudes sin que el error pase nunca de medio grado ó 30 minutos. No se pide mayor exactitud, y hasta ahora nadie ha ganado ninguno de estos premios; pues no cuento la gratificacion concedida al relojero

que pretendia haber hecho relojes perfectos. El señor Mayer pide actualmente el premio mayor, y yo creo que tiene razon = A 3 de octubre de 1761.

CARTA 169.

De la brújula, y de las propiedades de la aguja imanizada.

V. A. está suficientemente instruida sobre el descubrimiento de las longitudes, pues ha visto los varios métodos que he puesto para conseguir determinarlas.

El primero y mas natural consiste en observar cuidadosamente la direccion y largo del camino; pero las corrientes y las tempestades hacen impracticable este método en el mar.

El segundo requiere la construccion de un relox tan perfecto, que siempre ande uniformemente, no obstante las causas que pueden alterar su movimiento, lo que hasta ahora no han podido conseguir los artistas.

El tercero está fundado en la observancia de los eclipses de Luna, y sin duda satisfaria a todos los requisitos, si las ocasiones no fuesen tan poco frecuentes, y la necesidad tan urgente.

El cuarto depende de los eclipses de los satélites de Júpiter, que serian muy propicios para este intento, si se encontrase medio de usar en la mar los anteojos sin los que no se puede verlos.

Finalmente las observaciones de Luna nos han suministrado el quinto método, que parece el mas practicable, con tal que se pueda observar el lugar de la Luna con tal exactitud que los errores inevitables no pasen de un minuto, para tener seguridad de que en la longitud no hay mas de un grado de error.

A estos cinco métodos han dirigido hasta ahora sus especulaciones los que han trabajado en resolver esta cuestion; pero hay ademas otro método que parece muy á propósito para resolver este problema, si estuviese mejor examinado; y que acaso algun dia nos suministrará el medio mas seguro de hallar las longitudes, aunque en el dia estamos muy distantes de ello.

Este método no depende del Cielo, sino únicamente de la tierra, pues está fundado en la naturaleza del imán y de la brújula: su explicacion me abre nuevo campo para tratar del artículo importante de la fisica que concierne al magnetismo, y espero que V. A. honrará con su atencion lo que voy á presentarle sobre esta materia.

Mis reflexiones se dirijirán únicamente al asunto de que aquí se trata, esto es, al descubrimiento de las longitudes. Advertiremos

en general que el iman es una piedra que tiene la cualidad de atraher el hierro, y de ponerse en cierta direccion; y que comunica la misma cualidad al hierro y al acero cuando se les frota ó toca al imán; pero despues examinarémos mas despacio esta cualidad, e indagaremos su naturaleza.

Empezaré pues haciendo la descripcion de una aguja imanizada, que colocada de cierto modo para el uso de la navegacion toma el nombre de *brúxula.*

Para esto se toma uno aguja de buen acero, de una forma semejante á la de la fig. 16. estampa 2. cuyo extremo B es puntí agudo para distinguirlo del otro extremo A: en su medio C hay una piececita para poner la aguja sobre un quicio ó punta D como se ve en la figura.

La aguja queda pues de modo que estando en equilibrio pueda dar vueltas libremente ó permanecer fixa en cualquier situacion que se la ponga. Antes de imanizarla es bueno templarla, para ponerla tan dura como es posible: despues tocandola ó frotándola á un iman excelente, adquirirá al instante la virtud magnética. Entonces uno de los extremos B se inclinará ó bajará como si fuese mas pesado, de manera que para volverlo á poner en equilibrio sería menester quitarle algo al extremo B ó añadir algun pesillo al otro A, a fin de que la aguja quede luego en situacion horizontal.

La aguja asi dispuesta, adquiere otra propiedad mas singular: ya no es indiferente a cualquier situacion como antes, sino que toma una con preferencia á todas las demás, y por sí misma se dispone de modo que el extremo B. se dirige hacia el Norte y el extremo A. hácia el Sur, de manera que la direccion de la aguja casi conviene con la línea meridiana.

V. A. se acuerda de que para trazar la línea meridiana que nos señala el Norte y el Sur, es preciso recurrir á las observaciones astronómicas, determinando dicha direccion por el movimiento del Sol ó de las estrellas; y cuando no hay los instrumentos necesarios, ó cuando el cielo está nublado no se puede trazar la línea meridiana. Esta propiedad de la aguja tocada al iman, es pues tanto mas admirable, cuanto en todo tiempo y lugar nos dá á conocer la direccion del Norte, y de consiguiente las de Sur, Este, Oeste, y todas las demas que son dependientes unas de otras. Asi es que el uso de la aguja imanizada ó brújula se ha hecho universal.

Las mayores ventajas de la brújula se experimentan en la navegacion; pues el curso de una nave se dirige siempre hacia cierta parte del mundo, para ir hacia un lugar propuesto y señalado en los mapas, geográficos y marinos, que indican la direccion que se ha de seguir. Por eso antes de este

descubrimiento no se podian emprender viages largos en el mar ; y apenas osaban los navegantes alejarse de las costas, sin perderlas de vista, pues se exponian á perderse si el cielo no estaba claro y podian guiarse por las estrellas.

Una nave en alta mar, sin conocer la direccion en que vá, se halla precisamente en el caso de un hombre, que teniendo vendados los ojos, hubiese de caminar á un parage determinado, pues creyendo ir hácia una parte iria á otra. La brújula es pues la principal guia en la navegacion ; y nadie se ha atrevido á atravesar el Océano, ni se hubiera descubierto un nuevo mundo, sino despues de este importantisimo descubrimiento. ¿Qué haria un piloto sin brújula, duranteó despues de una tempestad, en que el cielo no le dá ningun auxilio? No sabrá qué camino sigue, ni si va hacia el Norte, hácia el Sur ó á otro lado; y perdido el tino, se veria sin poder salvarse. La brújula le saca al instante de esta duda ; y V. A. conoce claramente la importancia de este descubrimiento. = A 6 de octubre de 1761.

CARTA 170.

De la declinacion de la brújula; y modo de observarla.

Aunque la aguja imanizada toma la direccion de Sur á Norte, hay causas accidentales que pueden mudar esta direccion, y que se deben evitar con sumo cuidado. Estas son las cercanías de algun imán, hierro ó acero. No hay mas que presentar una navaja á una aguja imanizada, y se vé que esta deja su direccion, y se vuelve hácia la navaja, y dando esta la vuelta, la aguja la sigue en todas direcciones. Para asegurarse pues de que la aguja está en su direccion natural, es menester apartar de ella todo lo que sea hierro, acero é imán; lo que es tanto mas facil quanto estas materias no producen el efecto referido sino á muy corta distancia; y una vez apartadas, su efecto es insensible, á no ser un imán muy grande que pudiera bien obrar sobre la aguja a la distancia de algunos pies.

El hierro no produce un gran efecto, pues se usan las brújulas aun en las minas

de hierro V. A. ve que debajo de tierra en las minas, es el caso idéntico al del mar cuando el cielo está nublado, teniendo que proseguir la mina en cierta direccion. Asi se forman planos que representan todas las galerias abiertas debajo de tierra, para lo que sirve de guia la brújula: y este es el objeto de la ciencia, que llaman *Geometria subterránea* (a).

Volviendo á nuestra brújula ó aguja imanizada, ya dije que se dirigia al Norte poco mas o menos. Efectivamente es un abuso el decir que el imán tiene la propiedad de dirigirse al Norte. Yo he hecho muchas agujas imanizadas, y siempre he encontrado que su direccion en Berlin se aparta cerca de 15 grados de la verdadera línea meridiana; y bien se ve que una aberracion de 15 grados es de mucha consideracion.

La fig. 17, estampa 2., representa la verdadera linea meridiana tirada de Norte á Sur; la que es perpendicular señala el Este á la derecha, y el Oeste a la izquierda. La aguja imanizada A B, no se dirige sobre la meridiana, sino que se aparta de ella el án-

(a) Este nombre altisonante han dado á la coleccion de varias proposiciones y operaciones [illegible] que [illegible] en el arte de minas; [illegible] que [illegible] geometría, sea que se aplique á los cielos, sea que se emplee en los subterraneos.

gulo B O *Norte* que es de 15.° A Este ángulo se le llama la *declinacion*, y tambien la *variacion* de la brújula ó aguja, y como el extremo del Norte B, que se llama boreal, se aparta hácia el Oeste ú Occidente, se dice que la declinacion es occidental de 15.°

Determinada la declinacion de la aguja imanizada puede servir igualmente, bien que si señalase exactamente el Norte. Por lo comun se pone un círculo al rededer de la aguja; y señalando en él el Norte de manera que el extremo boreal B de la aguja decline 15° hácia el Occidente, tendremos la línea Norte Sur que señalará la verdadera línea meridiana, y los cuatro puntos cardinales Norte, Este, Sur y Oeste.

Para ocultar el secreto, se pone la aguja imanizada en un círculo de carton, de modo que aquella no se ve, y el círculo de carton rueda libremente tomando la situacion de la aguja, de manera que el Norte señalado en él indica este punto del horizonte, mientras la aguja que está oculta se aparta efectivamente 15.° hácia el Occidente. Esta construccion no tiene mas objeto que el ocultar la declinacion, mirada como un defecto por el vulgo, cuando es un objeto digno de nuestra admiracion, segun veremos despues, y por otra parte el carton no hace mas que aumentar el peso de la aguja, é impedir que ande con tanta libertad como si estuviese sola

Para salvar esto, y servirse con comodidad de la brújula, se pone la aguja en una caja redonda, en cuya circunferencia dividida en 360 grados, estan marcados los puntos principales del horizonte. En el centro está la punta que sostiene á la aguja, la que desde luego se pone por sí misma en su respectiva situacion. Entonces se va dando vuelta a la caja hasta que el extremo boreal B de la aguja, corresponda á los 15° en la circunferencia, contando desde el Norte al Occidente; y se tendrá que la línea meridiana y demas puntos señalados en la brújula corresponderán á los verdaderos.

Sin embargo en el mar se hace uso de agujas embutidas en círculos de carton, cuya circunferencia está dividida de 30 en 30 grados, para no tener que dar vuelta á la caja. En este caso, como el círculo de carton que llaman brújula, señala los verdaderos puntos del mundo, comparan con ellos el rumbo que lleva la nave, para saber hácia que parte va, si es al Norte, al Sur, al Este, al Oeste, ó á otra de las direcciones intermedias. Tambien por la brújula se juzga de los vientos, ó del paraje de donde soplan, y les dan los mismos nombres.

En todo esto es menester conocer con seguridad la declinacion ó variacion de la brújula; pues aunque aquí la hemos encontrado de 15° al Oeste, podria ser diferente en otros parajes, como lo manifestaré muy pronto. = A 10 de octubre de 1761.

CARTA 171.

De la variacion que tiene la declinacion de la brújula en un mismo lugar.

Aunque he dicho que la declinacion de la brújula es de 15° hácia el Occidente, no debe esto entenderse sino de Berlin y del tiempo presente, porque se ha sbservado que esta declinacion no solo es diferente en diferentes parages de la tierra, sino tambien varia con el tiempo en un mismo lugar.

La declinacion magnética es en el dia mucho mayor en Berlin que en otro tiempo. Yo me acuerdo muy bien de cuando solo era de 10 grados; y hubo tiempo en el siglo pasado, en que fue nula, de suerte que la situacion de la aguja imanizada convenia puntualmente con la linea meridiana. Esto sucedió hacia el año de 1670: desde entonces ha ido creciendo la declinacion hácia el Oeste hasta los 15° que tiene hoy; y parece que irá siempre disminuyendo hasta que otra vez vuelva á ser nula. Esto no es mas que una

conjetura, porque todavia estamos muy distantes de poder pronosticar nada de cierto sobre este punto (*a*).

Por otra parte sabemos que antes de 1670, la declinacion era hácia el Oriente; y cuanto mas retrocedemos tanto mayor la hallamos hácia el Oriente. No podemos retroceder mas que al tiempo en que se descubrio la brújula, que fue en el siglo XIV; pero tambien se pasó despues mucho tiempo antes que se empezase á observar la declinacion; porque al principio no se habia advertido que la aguja se apartaba de la línea meridiana.

En Londres se observo el año de 1580 que la declinacion magnética era de 11° 15′ Este: en 1622, de 6° Este: en 1634 de 4° 5′ Este: en 1657 la declinacion fue nula: en 1672 fue de 2° 30′ Oeste: en 1692 de 6° Oeste; y en el dia podrá ser de 18° Oeste, ó mas. V. A. ve, pues, que al principio del siglo pasado la declinacion era de unos 8° al Este: que desde entonces fue disminuyéndose hasta ser insensible en 1657 y que despues pasó a ser occidental ó hacia el Oeste, y ha ido aumentándose hasta el presente.

(*a*) Esta es una de aquellas conjeturas de un talento sublime, que descubre el orden de las leyes de las causas naturales; pero sin tener todavia pruebas suficientes para demostrar así. Despues daremos lo que por ahora se sabe sobre este punto.

Casi el mismo orden ha seguido en París, solo que allí fue nula el año 1666; esto es, 9 años mas tarde que en Lóndres, en lo que V. A. puede observar la gran diversidad de declinaciones, relativamente á los diversos lugares de la tierra en un mismo tiempo, y aun en un mismo lugar en diferentes tiempos.

En el dia no solamente en la Europa, sino tambien en toda el Africa, y la mayor parte del Asia, la declinacion es occidental en unas partes mayor, y en otras menor que en nuestro pais. En Escocia y en Noruega la declinacion pasa de 20°. En España, Italia y Grecia es de unos 12°, en la costa occidental del Africa es de unos 10° y en la oriental de 12°. Mas adelante al Este del Asia se disminuye la declinacion sucesivamente, desvaneciéndose en medio de la Siberia en Jeniseisk, desapareciendo tambien en Pekin ciudad de la China, y en el Japon; pero despues de estos parages mas hácia el Este, la declinacion es oriental, y va creciendo en este sentido por la parte boreal del mar pacifico hasta las costas occidentales de la América, desde donde va otra vez menguando hasta volver á desvanecerse del todo en el Canadá, en la Florida, en las islas Antillas, y hácia las costas del Brasil. Mas alla de estos paises hácia el Oriente, esto es hacia la Europa y el Africa, la declinacion vuelve a ser occidental, coma ya se ha dicho.

Para tener entero conocimiento del estado actual de la declinacion magnetica, seria menester poder señalar para todos los lugares, asi en la mar como en la tierra, la cantidad de que es en el dia la declinacion, sea al Oriente, sea al Occidente. Este conocimiento seria sin duda utilísimo; pero no es de esperar. Seria menester que hubiese en todas partes hombres hábiles, que observasen en cada lugar la declinacion magnética, y nos comunicasen sus observaciones con exactitud. Entre tanto seria menester esperar algunos años hasta que llegasen las mas distantes, y no tendríamos este conocimiento sino pasados algunos años. Y aunque en dos ó tres años la declinacion de la aguja imanizada no varía considerablemente, esta mudanza por pequeña que sea, impedirá que el conocimiento de todas estas observaciones hechas en los diferentes lugares de la tierra, nos diese suficiente luz sobre el estado actual de las diferentes declinaciones de la aguja imanizada.

Lo mismo diremos de los tiempos pasados: á cada año corresponde cierta declinacion magnética, diferente de la de otros tiempos pasados y futuros. Sin embrgo seria de desear que tuviésemos un estado bien exacto de la cantidad de declinacion en los varios lugares de la tierra en un solo año; pues de ello se podrian sacar consecuencias muy importantes.

El señor *Halley*, célebre astrónomo de Inglaterra, emprendió esta obra para el año de 1700, fundándose en numerosas observaciones hechas en diferentes lugares asi en tierra como en mar; pero ademas de que no tuvo observaciones de grandes porciones del globo, la mayor parte de las que tuvo fueron hechas muchos años antes de 1700; de manera que hasta entonces la declinacion pudo variar bastante. Se ve, pues que este estado, que se halla representado sobre un mapa general de la tierra, debe mirarse como muy defectuoso; ademas de que no podria servirnos para el objeto propuesto el saber el estado de la declinacion magnética en el año de 1700, cuando desde entonces se ha mudado notablemente.

Otros geógrafos ingleses han publicado despues otro mapa semejante, en que todas las declinaciones estaban puestas segun habian sido el año de 1744; pero tiene el mismo defecto que el de Halley; y habiendoles faltado observaciones de muchos lugares, han llenado estos vacíos con las del mapa de Halley, que ya no regian en 1744. Por aquí conocerá V. A. que el conocimiento que tenemos de este importante artículo de la física es todavía sumamente imperfecto.

A 13 de octubre de 1761.

CARTA 172.

Del mapa de las declinaciones, y de como podria servir para descubrir las longitudes.

Me parece conveniente explicar el método que ha seguido *Halley* para representar las declinaciones magnéticas en el mapa que formó para el año de 1700, á fin de que si V. A. lo ve, entienda su construccion.

En primer lugar señaló en cada lugar la declinacion de la aguja imanizada, tal cual habia sido observada; entre todos estos lugares distinguió aquellos en que no habia declinacion, y vió que todos ellos caian en una cierta línea á la cual llamo línea de nula declinacion, porque no la habia en ningun punto de ella. Esta línea no era ni un meridiano, ni un paralelo, sino que con varias obliquidades atravesaba la América septentrional, saliendo cerca de las costas de la Carolina: de allí torcia para atravesar el mar Atlántico entre el Africa y la América. Ademas de esta línea, descubrió otra en que la declinacion se desvanecia igualmente. Esta línea pasaba por el medio de la China, y

de allí á las islas Filipinas y nueva Holanda. Al mirar estas dos líneas se advierte que tienen comunicacion entre sí cerca de uno y otro polo de la tierra.

Despues de haber fijado estas dos líneas de nula declinacion, observó Halley que en todas partes entre la primera y segunda, pasando de Occidente hácia Oriente, esto es, en toda la Europa, el Africa y casi toda el Asia, la declinacion era occidental, y del otro lado de estas dos líneas, esto es, en todo el mar Pacifico, era oriental. Despues consideró todos los lugares en que la declinacion era de 5 grados occidental, y vió que por todos estos lugares podia pasar muy bien una línea á que llamó la línea de 5 grados occidentales. Halló otra línea de esta misma naturaleza respecto de la otra línea de nula declinacion; de manera que una iba al lado de la primera, y otra al lado de la segunda. Hizo lo mismo con los lugares en que la declinacion era de 10°, despues de 15°, de 20°, &c. y vió que las líneas de estas grandes declinaciones se limitaban hácia los polos, mientras que las de las pequeñas declinaciones atravesaban toda la tierra, y pasaban por el ecuador.

En efecto, la declinacion apenas pasa de 15° en el ecuador, sea al Este ó al Oeste; pero acercándose á los polos hay lugares en que la declinacion pasa de 58 y aun 60 grados. Hailos sin duda en que es todavia ma-

yor pasando de 90°, y en que el polo boreal de la aguja se volverá por consiguiente hácia el Sur.

Finalmente, habiendo tirado líneas semejantes por los lugares en que la declinacion era oriental de 5°, 10°, 15°, y así en adelante, *Halley* ha llenado su mapa, que representa la superficie de la tierra, expresando cada línea los lugares en que la declinacion es la misma; pero no ha continuado estas líneas sino hasta donde tenia observaciones, por lo cual una gran parte del mapa está sin llenar.

Si tuviésemos un mapa semejante, exacto y completo, se veria en él de una mirada la declinacion correspondiente á cada lugar; y aunque tal lugar propuesto no se hallase justamente en una de las líneas señaladas, seria fácil comparándole con las dos líneas entre que estaba situado, estimar la declinacion media que le correspondia. Si yo me hallaba entre las líneas de 10° y 15° de declinacion occidental, estaria cierto de que la declinacion era allí mayor que 10° y menor que 15° y segun que estuviese mas cerca de la una o de la otra, encontraria facilmente la declinacion media que correspondia á este punto.

Se vé, pues, que si tuviésemos este mapa, nos serviria para descubrir las longitudes, á lo menos para el tiempo á que conviniese. Supongamos para explicar este mé-

todo, que tenemos dicho mapa hecho para este año. En él veríamos desde luego las dos líneas trazadas por los parages en que la declinacion es nula: luego, otras dos en que seria de 5°, de 10°, de 15°, de 20°, así occidental como oriental. Supongamos que para mayor exactitud esten tiradas estas líneas de grado en grado; y que yo me encuentre en alguna parte sea en el mar o en un pais desconocido, que necesito determinar. Primeramente tiraré una meridiana para ver cuánto varia mi brújula, y hallo por ejemplo, que la declinacion es de 10° al Este; con lo que estaré cierto de que me encuentro en una de estas dos líneas. Luego observaré la altura del polo, que será igual á la latitud del lugar en que me hallo; y señalaré sobre las dos líneas mencionadas, los puntos cuya latitud sea igual á la que he observado. Ahora toda mi duda estará en determinar uno de dos puntos que están sumamente distantes entre sí; y es claro que las circunstancias de mi viage me darán á conocer en cuál de ellos me hallo, sin poder equivocarme.

Se ve, pues, que si tuviésemos de estos mapas, sería este método mas cómodo que todos los demas que llevo expuestos; pero no solo carecemos de ellos, sino que estamos muy distantes de poder formar uno para el tiempo pasado, por falta de observaciones; y aun ese no nos serviria nada para

el tiempo presente, porque á penas sabemos algo de las mudanzas de declinacion que se experimentan en cada lugar con el transcurso del tiempo. Las observaciones hechas hasta ahora nos enseñan que en algunos lugares son muy considerables las mudanzas, y que en otros á penas son sensibles en el mismo intervalo de tiempo; lo que nos quita la esperanza de poder un dia aprovecharnos de este método, por mas excelente que sea en sí mismo (*a*). = A 17 de octubre de 1761.

(*a*) Tal vez en estas declinaciones hay mas órden del que aparece a primera vista, y el tiempo y la indagacion pueden descubrir la ley que siguen.

CARTA 173.

De la causa de que las agujas imanizadas tengan cierta direccion en cada lugar de la tierra; y por qué es diferente en distintos lugares, y por qué varía en un mismo lugar con el tiempo.

V. A querrá sin duda saber por qué las agujas tocadas al iman se ponen en cierta direccion en cada lugar de la tierra, por qué no es la misma esta direccion en diferentes parages; y por qué en un mismo parage varía con el tiempo. Yo responderé lo mejor que sepa á estas cuestiones importantes; pero temo no poder como quisiera satisfacer los deseos de V. A.

Notemos lo primero, que las agujas imanizadas tienen la misma propiedad que todos los imanes; y que su figura acomodada á dar vueltas sobre una punta, es lo que las distingue para señalar mejor su direccion. El iman colgado de un hilo se vuelve hácia cierta parte; y si se le pone sobre un barquichuelo de modo que nade en el agua, se pone éste en cierta direccion. Cualquier iman tie-

ne dos puntos, uno de los cuales se dirige al Norte y otro al Sur, y está sujeto a las mismas variaciones que las agujas.

Estos dos puntos se descubren fácilmente en todo iman, pues por ellos atrae con la mayor fuerza el hierro y el iman. Llámanse *polos* del iman, tomando este nombre de los polos de la tierra ó del cielo, porque el uno mira hácia el polo boreal y el otro hácia el polo austral ó meridional de la tierra, lo que se verifica al poco mas ó menos, pues cuando se introdujeron estos nombres no estaba conocida la declinacion. El polo del iman que se dirije hácia el Norte se llama polo boreal, y el que se dirige hácia el Sur polo meridional o austral.

Dije antes que una aguja imanizada, ó un iman no toman esta situacion que parece le es natural, sino cuando estan apartados de otro iman ó del hierro. Cuando una aguja imanizada se halla cerca de un iman, arregla su situacion segun los polos de este iman; de suerte que el polo boreal del iman atrae el extremo meridional de la aguja, y recíprocamente el polo meridional del iman atrae el extremo boreal de la aguja. Por esta razon hablando de dos imanes, se llaman *polos amigos* los que tienen diferente nombre, y *polos enemigos* los del mismo nombre. Esta propiedad es muy visible cuando se acercan dos imanes, pues se ve, no solamente que los polos de diferente nombre se atraen mutua-

mente, sino tambien que los polos del mismo nombre se huyen y repelen uno á otro. Esto se ve aun con mas distincion si se acercan dos agujas imanizadas.

Consideremos, pues, la situacion que una aguja imanizada toma cuando está cerca de un iman. La barra A B (estampa 2 fig. 17) representa un iman, cuyo polo borea es B, y su polo meridional es A. En la *figura* vera V. A. diferentes posiciones de la aguja imanizada que tiene la forma de una flecha, cuyo extremo *b* es el polo boreal y *a* su polo meridional. En todas estas posiciones el extremo *b* de la aguja se acerca al polo A del iman, y el extremo *a* al polo B. El punto *c* señala la punta sobre que la aguja anda libremente; y si V. A. considera la *figura*, conocerá facilmente la situacion que tomará la aguja en cualquier parte que se la ponga al rededor del iman.

Si en alguna parte hubiese, pues, un gran iman A B, las agujas imanizadas colocadas al redededor de él, tomarian cierta direccion en cada parage, como vemos sucede actualmente sobre la tierra, ó si la tierra misma fuese este iman, seria fácil de comprender por qué las agujas imanizadas tomaban cierta situacion en cada lugar. Algunos fisicos para explicar este fenomeno, defienden que toda la tierra tiene la propiedad de un iman, ó que debemos mirarla como un grande iman. Algunos de ellos

pretenden que en el centro de la tierra hay un gran iman, que ejerce su fuerza sobre todos las agujas imanizadas, y aun sobre todos los imanes que se hallan en la superficie de la tierra, siendo esta fuerza la causa de las diferentes direcciones que observamos sobre la tierra.

Pero no hay necesidad de recurrir á un iman oculto en las entrañas de la tierra; cuando su superficie está tan llena de minas de hierro y de imanes que su fuerza reunida puede equivaler á dicho iman. En efecto, todos los imanes se sacan de las minas; prueba cierta de que estas substancias se hallan en abundancia en las entrañas de la tierra, y que todas sus fuerzas reunidas suministran la fuerza general, que produce todos los fenómenos magnéticos. Por aqui podremos tambien explicar por que la declinacion magnética varía con el tiempo en un mismo parage; pues sabemos que las minas de cualquier especie de metales, y en particular las de hierro estan sujetas a continuas mudanzas: unas veces hay producion de hierro en un parage; otras veces se destruye; de suerte que hoy hay minas de hierro donde antes no las habia, y donde en otro tiempo se encontraban con abundancia, nada se encuentra al presente. Esto prueba suficientemente que la masa total de los imanes contenidos en la tierra, padece considerables mudanzas, y esta pudie-

ra ser la causa de que los polos, á que se aregla la declinacion magnética, se muden tambien con el tiempo.

En esto mismo debemos buscar la causa de que las declinaciones magnéticas varien tan considerablemente en unos mismos lugares de la tierra. Pero esta misma razon fundada en la inconstancia de lo que pasa en su interior, nos quita toda esperanza de llegar á conocerlas de antemano, y que se halle algun medio de referir estas mudanzas de la tierra a una ley fija. Una larga serie de observaciones, continuada por muchos siglos, pudiera tal vez aclararnos este punto. A 20 de otubre de 1761.

CARTA 174.

Continuacion acerca de la causa y variacion de la declinacion de las agujas imanizadas.

Los que pretenden que la tierra contiene en su centro un grande iman como un hueso ó nucleo, se ven precisados para explicar la declinacion magnética, á suponer que

este nucleo muda sucesivamente de situacion ; para lo cual es menester que esté suelto enteramente ; y como su movimiento seguiria cierta ley, pudiéramos esperar el descubrirlas algun dia. Pero sea que haya en la tierra este nucleo magnético ; sea que los imanes dispersos en su interior reunan sus fuerzas para producir los fenómenos magneticos, siempre se puede mirar la tierra como un iman, segun el cual se dirigen todos los imanes particulares y todas las agujas imanizadas.

Algunos físicos han metido un iman de gran actividad en un globo, y poniendo sobre su superficie una aguja imanizada han observado fenómenos semejantes á los que suceden sobre la tierra, poniendo el iman en el globo de varias maneras. Considerando, pues, la tierra como un iman tendrá sus Polos magnéticos, que no se deben confundir con los otros polos al rededor de los cuales gira, pues nada hay de comun entre ellos sino los nombres; pero de la posicion de los polos magnéticos sobre la tierra, provendrán las irregularidades aparentes de la declinacion magnética, y en particular de las lineas trazadas segun se dijo antes.

Para aclarar mas este punto, debe notarse que si los polos magnéticos cayesen justamente en los polos de la tierra, no habria declinacion ninguna : las agujas imanizadas se dirigirian en cualquier lugar de

Norte á Sur, y su posicion coincidiría con la línea meridiana. Esto daria una gran ventaja para la navegacion, pues entonces se conoceria puntualmente el rumbo de la nave, y la direccion del viento; en lugar que ahora es menester buscar la declinacion de la brújula para determinar por ella los puntos cardinales del mundo. Pero en este caso no serviria de nada la brújula para la determinacion de las longitudes á cuyo objeto puede un dia guiarnos la declinacion.

De esto se infiere que si los polos magnéticos de la tierra se apartasen mucho de sus polos naturales, y estuviesen directamente opuestos uno á otro, lo que sucederia si el eje magnético de la tierra pasase por el centro de esta, entonces en cualquier lugar se dirigirian las agujas imanizadas hácia estos polos magnéticos, y seria fácil determinar la direccion magnética correspondiente á cada lugar. Para ello, en cada lugar se formaria un circulo que pasase tambien por los dos polos magnéticos, y el ángulo que hiciese este círculo con el meridiano del mismo lugar, daria la declinacion magnética.

En este caso las dos líneas en que la declinacion es nula serian dos meridianos tirados por los polos magnéticos; y como hemos visto que estas dos lineas que actualmente no tienen declinacion, no son meridianos y que siguen en su curso irregular,

se ve que esto no tiene lugar sobre la tierra. *Halley* conoció bien esta consecuencia, y para salvarla tuvo que suponer dos imanes en las entrañas de la tierra, el uno fijo y el otro movible, señalando cuatro polos magnéticos en la tierra, dos de los cuales caen cerca del polo boreal, y los otros dos cerca del polo meridianal, á distancias desiguales. Pero esta consecuencia no tiene á mi parecer ningun fundamento; pues de que las lineas sin declinacion no son meridianos, no se sigue que haya en la tierra cuatro polos magnéticos, sino mas bien que no hay mas de dos, los cuales no estan directamente opuestos uno á otro, ó lo que es lo mismo que el eje magnético no pasa por el centro de la tierra.

Nos queda, pues, que considerar el caso en que los polos magnéticos no estan directamente opuestos, o que el eje magnético no pasa por el centro de la tierra, pues adoptando la hipótesis del núcleo magnético de la tierra, puede muy bien suceder que no se halle en el centro mismo de la tierra, sino á alguna distancia de él. No estando los polos magnéticos diametralmente opuestos, las lineas en que la declinacion es nula, dan efectivamente una vuelta semejante á la que se ha deducido de las observaciones; y aun es posible determinar los polos magnéticos de la tierra de suerte que no solo dichas líneas esten conformes con las observaciones,

sino que ademas para todos los grados de declinacion asi occidental como oriental, haya lineas semejantes á las que al principio nos parecieron tan caprichosas.

Para conocer pues el estado de la declinacion magnética no se trata mas que de fijar los dos polos magneticos; en cuyo caso la determinacion de todas las lineas de que hable antes, tiradas por todos los lugares en que es una misma la declinacion, se reduce á un problema de geometría. Por este medio se podrian tambien rectificar dichas lineas, y llenar los lugares de que nos faltan observaciones; y si se pudiesen señalar los dos polos magnéticos de la tierra para cualquier tiempo en lo sucesivo, seria esta la mejor solucion del problema de las longitudes.

No se necesitan, pues, dos imanes en lo interior de la tierra ó los cuatro polos magnéticos para explicar los fenomenos de la declinacion de las agujas imanzadas, como Halley lo creyó: basta para esto un solo iman, ó dos polos magnéticos, y señalar á cada uno su posicion. Con esta reflexion me parece que hemos adelantado mucho en el conocimiento del magnetismo. = A 24 de octubre de 1761.

CARTA 175.

Sobre la inclinacion de las agujas imanizadas.

V. A. se acordará de que cuando frotamos una aguja contra un iman, no solo adquirio la propiedad de dirigirse hacia cierto punto del horizonte, sino que ademas su extremo boreal se inclinó como si pesase mas que antes, lo que nos obligó á quitar ó añadir algo al extremo opuesto para restablecer el equilibrio. Yo he hecho muchos experimentos para averiguar cuánto descendia el extremo boreal de la aguja imanizada, y he encontrado que bajaba hasta formar un ángulo de 72° con el horizonte, quedando la aguja en reposo en esta situacion. Debe advertirse que he hecho estas observaciones en Berlin seis años ha; por que tenemos que ver que esta inclinacion es tan variable como la declinacion magnética.

Vemos por aqui que la fuerza magnética produce dos efectos sobre las agujas: el uno es dirigir la aguja hácia cierto punto

del horizonte, cuya distancia á la línea meridiana es lo que se llama declinacion magnética: el otro es darle cierta *inclinacion* hácia el horizonte bajando uno de sus extremos hasta formar cierto ángulo.

Sea *de* (estampa 2. fig. 18) la línea horizontal, tirada segun la declinacion magnética, y la aguja tomará en Berlin la situacion *ba* que hace con el horizonte *de* el ángulo *dcb* ó *eca* que es de 72° y por consiguiente formará con la vertical *fg*, un ángulo *fcg* ó *acf* de 18°. Este otro efecto de la fuerza magnética de inclinarse las agujas hácia abajo, es tan notable como el primero, y se conoce con el nombre de *inclinacion magnética*, la que era digna por su mucha variedad de ser observada en todas partes con toda la atencion posible.

En Berlin se ha encontrado ser la inclinacion de 72°: en Basilea es solamente de 70°, bajando el extremo boreal de la aguja, y levantándose de consiguiente el otro extremo. Esto sucede en nuestras regiones que estan mas cerca del polo magnético boreal de la tierra, y quanto mas nos acercamos á él tanto mayor es la inclinacion de la aguja, de manera que si llegásemos al polo dicho, la aguja se pondria en situacion vertical, quedando su extremo boreal abajo, y el meridional arriba. Al contrario quanto mas nos apartamos del polo boreal magnético de la tierra, tanto mas se disminuye

la inclinacion desapareciendo enteramente y tomando la aguja la situacion horizontal, al hallarse á iguales distancias de los dos polos. Pero acercándose al polo meridional magnético de la tierra, bajará el otro respecto del horizonte, hasta que en este polo mismo la aguja volverá á ponerse vertical; pero su extremo meridional quedará abajo y el boreal arriba.

Es de desear que se multipliquen estos experimentos para determinar la inclinacion magnética, como se ha hecho con la declinacion; pues hasta ahora anda muy descuidado este importante artículo de la física experimental, que seguramente no es ni menos curioso ni menos interesante que el de la declinacion. No debemos extrañarlo porque este género de experimentos está sujeto a muchas dificultades; y casi todos los medios que se han imaginado hasta ahora para observar la inclinacion magnética, no han tenido el exito deseado. El único que lo ha conseguido es un artista de Basilea, llamado *Diterich*, el cual ejecutó un instrumento á proposito para este fin, por la direccion del celebre *Daniel Bernoulli*. A mi me envio dos de estos instrumentos con los cuales he observado aqui esta inclinacion, y la he hallado de 7 °, y no obstante que los franceses e ingleses son muy curiosos y aficionados a esta especie de descubrimientos, no hicieron caso del instrumento de

Diterich á pesar de ser el único que hay acomodado al intento. Este ejemplo nos manifiesta como las preocupaciones son capaces de retardar los progresos de las ciencias : y esta es la causa de que Basilea y Berlin son los únicos lugares sobre la tierra en que se conoce la inclinacion magnética.

Las agujas hechas para las brújulas no son muy propias para mostrarnos la cantidad de la inclinacion magnética, aun que indiquen el efecto al poco mas ó menos; porque como en nuestras regiones el extremo boreal se inclina abajo, es menester para hacer uso de las agujas destinadas á descubrir la declinacion, destruir el efecto de la inclinacion haciendo mas ligero el extremo boreal, ó mas pesado el meridional. Este último remedio se usa para que la aguja quede en situacion horizontal, pegando un poco de cera al extremo meridional de ella. Pero se vé que esto no puede servir sino en un lugar determinado, porque si viajamos con esta aguja hácia el polo boreal magnético de la tierra, la inclinacion se aumentará, y será preciso poner mas cera en el extremo meridional de la aguja para que la aguja quede horizontal. Al contrario si viajamos hácia el mediodia acercándanos al otro polo magnético á donde se disminuye la inclinacion del polo boreal de la aguja, es menester entonces ir quitando cera del otro extre-

mo, y quitarla del todo luego que se llega á los lugares en que se desvanece la inclinacion magnética. Si despues nos acercamos mas al polo magnético meridional, se inclina el extremo meridional de la aguja, de manera que para impedir este efecto es menester pegar cera al extremo boreal de la aguja. Este es el medio que se emplea en los largos viages para mantener la brújula en situacion horizontal.

Para observar la inclinacion magnética se necesitarian instrumentos hechos de propósito, semejantes al que ha inventado el Artista de Basilea: llámase este instrumento *la inclinatoria*; pero no parece que se piense por ahora en hacer uso de él. Menos esperanza tenemos todavia de que se hagan mapas de la inclinacion magnética, al modo de los que se han formado para representar la declinacion. Podria seguirse el mismo método tirando líneas por todos los lugares en que la inclinacion magnética es una misma, de suerte que habria líneas sin inclinacion, y despues otras en que la inclinacion seria de 5°, 10°, 15°, 20°, &c, tanto al Norte como al Sur = A 27 de Octubre de 1761. (a)

(a) Los físicos han puesto su atencion en este punto, de algunos años á esta parte: se han construido agujas de inclinacion, y se han hecho bastantes observaciones.

CARTA 176.

Sobre la verdadera direccion magnética y sobre la materia sutil que produce la fuerza magnética.

Para formarse idea exacta del efecto de la fuerza magnética de la tierra, es menester atender tanto á la declinacion como a la inclinacion de las agujas imanizadas en cada lugar de la tierra. Sabemos que en Berlin la declinacion es de 15° al Occidente; y la inclinacion del extremo boreal es de 72.°: considerando estos dos efectos, se tendra la verdadera direccion magnética en Berlin. Sobre un plano horizontal se tirará una línea que forme con la meridiana un ángulo de 15° al Occidente; y de aqui descendiendo por la línea vertical se tirará otra línea que forme con la primera un ángulo de 72°; y esta señalara la direccion magnetica en Berlin. Por aqui se ve el modo de determinar la direccion magnética en cualquier lugar de la tierra, con tal que se conozca su respectiva inclinacion.

Cada iman nos presenta fenómenos del todo semejantes. No hay que hacer mas que ponerlo sobre una mesa cubierta de limaduras de hierro, y se vé que la limadura se dispone al rededor del iman B A como se representa en la fig. 19 estampa 2., donde cada partecilla de limadura puede ser mirada como una aguja imanizada, que nos muestra la direccion magnética en cada punto, al rededor del iman. Este experimento nos lleva á buscar la causa de todos estos fenómenos.

La disposicion que observamos en la limadura de hierro no nos deja duda de que hay una materia sutíl é invisible que enfila las partecillas de limadura y las dispone en la direccion que vemos. Tambien es claro que esta materia sutíl atraviesa el iman mismo, entrando por uno de sus polos y saliendo por el otro, de suerte que en su movimiento continuo al rededor del iman forma un torbellino que lleva la materia sutíl de un polo al otro, cuyo movimiento es sin duda sumamente rápido.

La naturaleza de los imanes consiste pues en un torbellino continuo, y esto lo distingue de cualquier otro cuerpo. La tierra misma en calidad de iman, estará rodeada de un torbellino semejante, que obrará sobre las agujas imanizadas, haciendo esfuerzos para ponerlas en su propia direccion que es la misma que antes he llamado *di-*

reccion magnética. Esta materia sutil sale pues continuamente de uno de los polos magnéticos de la tierra, y va á entrar por el otro polo, continuando su curso, y atravesando lo interior de la tierra hasta que vuelve á salir por el primer polo.

No puede decirse todavía por cuál de los dos polos magnéticos de la tierra entra o sale dicha materia; los fenómenos en uno y otro son tan semejantes que no se puede distinguirlos. Este torbellino general es sin duda el que tambien suministra la materia sutil de todos los imanes particulares al hierro y acero imanizado, y mantiene los torbellinos particulares que los circundan.

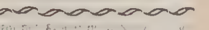
Para conocer la naturaleza y movimiento de esta materia sutil, coviene reparar que solamente obra sobre los imanes, hierro y acero, siéndole indiferentes todos los demás cuerpos. Muchos experimentos nos obligan á creer que esta materia sutil atraviesa libremente y hácia todas partes, todos los demas cuerpos; porque cuando un iman obra sobre una aguja ó sobre limadura de hierro, la accion es enteramente la misma, sea que haya, sea que no haya algunos cuerpos interpuestos con tal que no haya hierro. Es, pues, preciso que dicha materia sutil atraviese todos los cuerpos, exceptuando el hierro, con tanta libertad como el aire, y aun el éter, pues estos esperimentos se ve-

rifican igualmente en un espacio vacío de aire por medio de la máquina preumática. Esta materia es, pues, diferente del éter y aun mucho mas sutil; y atendiendo al torbellino general de la tierra, se puede decir que la circunda enteramente, y la atraviesa con libertad, como á los demas cuerpos, á excepcion del hierro y los imanes; por cuya razon el hierro y acero pudieran llamarse cuerpos magnéticos para distinguirlos de los demas.

Pero si la materia magnética pasa libremente al traves de todo cuerpo no-magnético, ¿ que relacion tendrá con los que no lo son? Acabamos de ver que el torbellino magnético entra por uno de los polos de cada iman, y sale por el otro, de lo que se pudiera inferir que atraviesa con igual libertad los imanes, y asi estos no se distinguirán de los demas cuerpos. No obstante, como la materia magnética no atraviesa los imanes sino de un polo á otro, esta circunstancia los pone en un caso muy diferente de los otros cuerpos. Este es, pues, el carácter distintivo. Los cuerpos magnéticos son atravesados libremente en todos sentidos por la materia magnética: los imanes no son atravesados sino en un solo sentido, estando destinado uno de sus polos á la entrada y el otro á la salida de dicha materia. El hierro y el acero imanizados corresponden á esta clase; pero cuando no lo estan, puede de-

cirse que no dan paso libre á la materia magnética por ningun lado.

Esto parece muy singular, pues el hierro tiene poros abiertos que transmiten el éter mismo, bien que no es tan sutil como la materia magnética. Pero se debe distinguir entre un paso libre, y otro en que la materia magnética pueda atravesar el cuerpo con toda su rapidez sin encontrar ningun obstáculo. = A 31 de octubre de 1761



CARTA 177.

Continuacion del mismo asunto, y del corriente rápido de la materia magnética. Los canales magnéticos.

No crea V. A. que yo pretenda explicar perfectamente los fenómenos del magnetismo; pues encuentro en ello dificultades que no he hallado en los de la electricidad. La causa es sin duda que la electricidad consiste en un mayor ó menor grado de compresion de un fluido sutil que ocupa los poros de los cuerpos, sin que dicho fluido, que es el éter esté en movimiento actual; mientras que no se puede explicar el magnetismo sin su-

poner un torbellino rápidamente agitado; que penetra en los cuerpos magnéticos.

La materia que constituye estos torbellinos es tambien mucho mas sutil que el éter, y atraviesa libremente los poros de los imanes que son impenetrables al éter mismo. Esta materia magnética está mezclada y esparcida en el éter, como este en el aire comun, ó al modo que ocupa y llena los poros del aire; pudiendo decirse que la materia magnética está contenida en los poros mismos del éter.

Yo concibo, pues, que el iman y el hierro tienen poros tan pequeños que el éter no puede entrar por ellos, y solamente la materia magnética puede atravesarlos, la cual al entrar se separa del eter, de suerte que se efectua, por decirlo asi, una filtracion: solo, pues, en los poros del iman se halla para la materia magnética, en cualquiera otra parte está esparcida en el éter como este lo está en el aire.

V. A. imaginará facilmente varios fluidos que el uno es mas sutíl que el otro, y estan perfectamente mezclados, de lo que tenemos ejemplos en la naturaleza. Sabemos que el agua contiene en sus poros partículas de aire, que muchas veces vemos subir en forma de ampollitas: tampoco tiene duda que el aire contiene en sus poros un fluido sin comparacion mas sutíl y es el éter, el cual se separa de él en muchas ocasiones, como en

la electricidad. Ahora vemos que esta progresion se continúa, pues el éter contiene otra materia todavía mas sutil, cual es la materia magnética, la que acaso contiene otras mas sutiles, como no es á lo menos imposible.

Supuesta esta materia magnética, veamos como produce los fenómenos. Consideremos un iman, y digo primeramente que ademas de una gran cantidad de poros llenos de eter, como todos los cuerpos, contiene ademas otros muchos mas estrechos, en los que solamente puede entrar la materia magnética. En segundo lugar, que estos poros estan dispuestos de manera que tienen comunicacion entre sí, formando tubos ó canales por los cuales pasa de parte á parte. Finalmente, que esta materia no puede pasar por dichos tubos sino hácia una sola parte, sin poder volver hácia la contraria, cuya circunstancia esencialísima requiere mas explicacion.

Las venas y los vasos linfáticos en los cuerpos de los animales son tubos de una construccion semejamente, que contienen válbulas representadas en la fig. 20. estampo 2. por las líneas *mn*, cuya funcion es dar libre paso á la sangre cuando corre de A á B, é impedir que refluya de B hácia A. Porque si la sangre tirase á correr de B hácia A empujaria el extremo libre de la válbula *m* hacia el lado *o* de la vena, cerrando el

paso enteramente. De estas válvulas se usa en los conductos de agua y en las bombas, para impedir que el agua vuelva atras. Asi, pues, nada supongo contrario á la naturaleza, cuando digo que los tubos ó canales de los imanes que solo admiten la materia magnética, tienen aquella misma construccion.

La fig. 21. representa este canal magnético segun yo lo imagino. Yo concibo que está en su interior guarnecido de pelos dirigidos de A hácia B; los cuales se abren por sí mismos cuando pasa la materia magnetica; y cierran el paso si quisiera retroceder de B hácia A. La naturaleza de los canales magnéticos consiste, pues, en no dar entrada á la materia megnetica sino por A para correr hácia B, sin poder pasar en direccion contraria como de B hácia A.

Esta construccion nos explica como la materia magnética entra en estos tubos, y los atraviesa con la mayor rapidez, cuando el éter mismo está enteramente en reposo. Esto parece muy extraño, porque ¿qué es lo que producirá un movimiento tan rápido? No es esto dificil de entender si recordamos que el éter es una materia elástica, y por tanto la materia magnética diseminada en él, estará comprimida por todas partes. Supongamos que el canal magnético está todavía enteramente vacío, y que á la entrada A se halla una molécula *m* de materia magnética, la que está comprimida en la abertura del canal por

todas partes sin que el éter pueda entrar en él. La molécula será impelida con la mayor fuerza, y entrará con la misma rapidez: otra molécula de materia magnética se presentará al punto, y entrará del mismo modo; y así de las siguientes. De aqui resultará un fluido contimuo de materia magnética, que no encontrando ningun obstáculo en todo este canal, saldrá por B con la misma rapidez con que entró por A.

Yo concibo, pues, que todo iman tiene una multitud de estos *canales*, que llaman *magnéticos*; y de esto se sigue naturalmente que la materia magnética dispersa en el éter debe entrar por un extremo de ellos y salir por el otro con ímpetu; ó lo que es lo mismo, habrá una corriente perpetua de materia magnética en los canales del iman. Espero con esto haber allanado los mayores obstáculos que pueden encootrarse en la teoría del magnetísmo. — A 3 de noviembre de 1761.

CARTA 178.

Del torbellino magnético y de la accion de los imanes entre sí.

Hemos visto en lo que consiste el carácter distintivo de los imanes, y que cada uno tiene muchísimos canales, cuya descripcion acabo de hacer.

La fig. 22, estampa 2, representa un iman A B, con tres canales magnéticos *a b*, por los cuales corre la materia magnética con gran rapidez entrando por los extremos *a*, y saliendo por los extremos *b*. Bien saldrá con la misma rapidez; pero encontrando á su salida el éter mezclado con el aire hallará grandes obstáculos para la continuacion de su movimiento; y no solo se disminuirá su velocidad sino que se mudará su direccion hácia los lados cc. Lo mismo sucederá á la entrada, hácia los extremos *aaa*, por causa de la rapidez con que entran por ellos las moléculas de la materia magnética: llegará su vez á las que estan todavia hácia los lados *ee* las que despues serán remplazadas por las que salidas de los exrremos *bbb*, se desviaron há-

cia *cc*, de suerte que muy pronto la misma materia magnética que salió por los extremos *bbb*, vuelve á los extrémos *aaa* dando la vuelta *bcdea*; cuyo movimiento al rededor del iman será lo que hemos llamado *torbellino magnético.*

No por eso hemos de creer que la materia magnética que forma estos torbellinos, sea siempre una misma; pues aunque parte de la que sale se desvie hácia los lados y dé la vuelta, tambien entrará nueva materia magnética por los extremos *aaa*, de manera que la materia que constituye el torbellino es siempre recompensada y variable. Sin embargo siempre se conservará el torbellino magnético que circundará al iman, y que produce los fenomenos observados en las limaduras de hierro echadas al rededor del iman.

Es menester atender á que el movimiento de la materia magnética en el torbellino, es muchisimo mas lento fuera del iman que en los tubos magnéticos donde está separada del éter, despues de ser impelida por toda la fuerza elástica de este último; y que al salir se mezcla de nuevo con él, perdiendo la mayor parte de su movimiento, lo que ocasiona el que su velocidad para entrar por los extremos *aaa* es muchísimo menos que en los canales magnéticos, aunque muy grande respecto de nuestro entender. Por aqui se ve claramente que los extremos de los canales magnéticos, por donde la materia entra

y sale del iman, son lo que llamamos sus *polos*; y que los polos magnéticos del iman no son unos puntos matemáticos, sino todo el sitio en que se terminan los extremos de los canales magnéticos.

Hemos distinguido estos polos en *boreal* y *meridional*, pero no se puede decir por cuál de ellos entra la materia magnética. Despues verémos que todos los fenómenos producidos sea en el uno, sea en el otro extremo, son tan semejantes, que parece imposible decidir por la experiencia esta cuestion. Esto mismo nos da á conocer que será indiferente suponer que la materia magnética entra ó sale por este ó por aquel polo.

Sea, pues, como fuese, yo señalo con la letra A el polo por donde entra la materia magnética; y con la letra B el polo por donde sale, suponiendo al mismo tiempo que B es el polo boreal y A el meridional. Paso ahora á los torbellinos para ver como dos imanes obran uno en otro.

Supongamos (fig. 23. estampa 2) que los dos imanes A B y *a b*, se miran por los polos del mismo nombre A, *a*, en cuyo caso estaran encontrados sus torbellinos. La materia magnética que esté en C entrará por A y por *a*: y tirando á destruirse mutuamente estos dos torbellinos, la materia que va por E para volver á entrar por A, encontrará en D la del otro iman, que viene por *e* para entrar por *a*; de lo que resultará un choque

entre los dos torbellinos, ó el uno impelerá al otro; y este efecto se opera en los imanes mismos, que en dicha situacion se repelen uno á otro. Lo mismo sucederia si los dos imanes se mirasen por los otros polos B y *b*; por cuya razon se llaman *enemigos* los polos de un mismo nombre.

Pero si los polos que se presentan uno á otro son de diferente nombre, será contrario el efecto, y claramente se ve que deben atraherse. En la fig. 24, en que los dos imanes se miran por los polos B y *a*, la materia magnética que sale por el polo B, habrá entrado por el polo *a* del otro iman, y asi no se desviará hacia los lados para entrar por A, sino que pasará directamente por *c* en el otro iman para salir por *b*, y dar la vuelta por los lados *dd* á fin de volver, no al polo *c*, sino al polo A del otro iman, dando la vuelta por *e* y *f*. Asi los torbellinos de estos dos imanes se reunirán en uno solo, que comprimido por el éter por todas partes, impelerá los dos imanes uno hacia otro, de tal suerte que parecerá se atrahen mutuamente.

Esta es la razon de que los polos de diferente nombre se llamen *amigos*, y los del mismo nombre *enemigos*: fenómeno principal de los imanes, que consiste en que los polos de diferente nombre se atrahen, y los de un mismo nombre se repelen. == A 7 de noviembre de 1761.

CARTA 179.

De la naturaleza del hierro y del acero y de la manera como reciben la fuerza magnética.

La naturaleza del iman consiste, pues, en estos canales que la materia magnética puede atravesar hácia una sola parte, porque las válvulas de que estan llenos impiden que vuelva hácia la parte opuesta; y V. A. no dudará de que son la continuacion de los poros, cuyos pelos ó filamentos se dirigen hácia una misma parte; de suerte que muchas de estas partículas juntas constituyan un canal magnético. No basta pues que el iman contenga muchas partículas semejantes, sino que ademas han de estar dispuestas de manera que resulten canales continuados de un extremo al otro para que la materia magnetica pueda atravesarlos.

Parece, pues, que el hierro y el acero contendran gran abundancia de estas partículas, sin que esten dispuestas en la forma expresada, sino dispersas por toda la masa, faltando únicamente esta disposicion para ser

verdaderos imanes. Entonces conservan todas sus demas cualidades, y solo se distinguen de los demas pedazos de hierro y acero, en que tienen ademas las propiedades del iman: una aguja y un cuchillo con virtud magnética ó sin ella sirven del mismo modo. La mudanza operada en lo interior, colocando las partículas en el orden que exige el magnetismo, no puede notarse por fuera: y el hierro ó acero que ha adquirido la fuerza magnética, se llama iman artificial, para distinguirlo del iman natural, que parece una piedra, aunque las propiedades magnéticas sean en uno y en otro las mismas. V. A. querrá sin duda saber ¿de qué modo el hierro y el acero puedan adquirir la fuerza magnética, y llegar á ser imanes artificiales? Nada mas sencillo; la cercania de un iman pone el hierro algo magnético: cuyo efecto es producido por el torbellino magnetico, sin que el hierro toque al iman.

Aunque el hierro nos parezca tan duro, las partículas contenidas en los poros magneticos representados arriba, ceden con gran facilidad, y la menor fuerza basta para mudar su situacion. Entrando la materia magnética en el hierro dispondrá pues segun su direccion, los primeros poros magnéticos que encuentra, ó á lo menos aquellos cuya situacion no sea muy diferente; y habiendolos atravesado obrará del mismo modo sobre los poros siguientes hasta haberse abierto paso

al traves del hierro, y formado algunos canales magnéticos. La forma del hierro contribuye mucho á facilitar esta mudanza: la forma prolongada y situada en la direccion del torbellino, es la mas á propósito, porque pasando la materia magnética por todo lo largo dispone muchas partículas en la correspondiente situacion formando largos canales magnéticos; y es claro que cuanto mas largos sin interrupcion sean los canales magnéticos, mas fuerte será el movimiento de la materia magnetica, y mayor la fuerza magnética.

Se ha observado que si se sacude fuertemente ó se golpea el hierro, colocado en un torbellino magnético adquiere mayor grado de magnetismo: sin duda porque las menores partículas conmovidas y desatadas por estos golpes, pueden acomodarse mejor á la accion de la materia magnética que las penetra.

Poniendo una varilla de hierro *ab* (estampa 2. fig. 25) en el torbellino del iman A B, de suerte que su direccion convenga poco mas o menos con la de la corriente *d f*, de la materia magnética, atravesará esta facilmente la varilla formando en ella canales magnéticos, sobre todo si se la sacude o golpea al mismo tiempo para facilitar el paso. Se ve tambien que la materia magnética que entra por el polo A y sale por el polo B del iman, entrara en la varilla por el extremo *a* y saldrá por el extremo *b*, de manera que el extremo *a* será el polo del mismo nombre

A, y b el de B. Quitando entonces del torbellino magnético la varilla, será un imán artificial unque muy debil, el cual tendrá su torbellino propio, y conservará su fuerza mientras no sean interrumpidos los canales magnéticos; lo que sucederá con tanta mas facilidad cuanto los poros del hierro son movibles; y asi la misma circunstancia que ayuda á producir el magnetismo, sirve igualmente para destruirlo. Un imán natural no está tan expuesto á debilitarse; porque los poros tienen mucha mas firmeza, necesitándose mayores esfuerzos para alterarlos; de lo que hablaré mas latamente en otra ocasion.

Aqui me propongo explicar el modo mas natural de hacer magnético el hierro, aunque sea muy pequeña la fuerza que adquiere, porque esto nos servirá para entender este fenómeno particular y bastante universal. Se ha observado que las tenazas de las chimeneas, y otros muebles de hierro que estan comunmente en situacion vertical, igualmente que las barras de hierro que se ponen sobre los campanarios, adquieren con el tiempo alguna fuerza magnética. Tambien se ha observado que una barra de hierro batida en situacion vertical o enrogecida al fuego, y metida en agua fria en la misma situacion, se pone algo magnética, sin la cercania de ningun iman.

Para conocer la razon de este fenómeno es menester recordar que la tierra es un imán

y de consiguiente está rodeada de un torbellino magnético, cuya direccion se conoce en cualquier parte por la declinacion é inclinacion de la aguja imanizada. Si pues una barra de hierro se encuentra mucho tiempo en esta situacion, no debemos extrañar que se ponga magnética. Hemos visto que la inclinacion de la aguja imanizada es en Berlin de 72 grados; y como en toda la Europa es casi la misma, no se diferencia esta inclinacion sino en 18° de la situacion vertical. Esta situacion no se diferencia, pues, mucho de la direccion del torbellino magnético; y en teniendo en ella por largo tiempo una barra de hierro, la penetrará el torbellino magnético, y por consiguiente adquirirá fuerza magnética.

En otros paises, donde es insensible la inclinacion, como sucede cerca del equador, ya no es la misma la direccion en que las barras de hierro se ponen magnéticas sino la horizontal, de suerte que la direccion de ellas ha de corresponder á la declinacion del imán, para que adquieran la fuerza magnética. Hablo solamente del hierro, porque el acero es muy duro para esto, y se requieren otros medios mas eficaces para imanizarlo. A 10 de noviembre de 1761.

CARTA 180.

De la accion de los imanes en el hierro, y de los fenómenos que se observan, cuando se ponen piezas de hierro cerca de un iman.

Aunque la tierra entera puede ser considerada como un gran iman, y esté rodeada de su torbellino, que es el que en todas partes dirige las agujas imanizadas, es muy debil su fuerza magnética, y mucho menor que la de un mediano iman; lo que parecerá algo extraño por ser la tierra tan grande.

Esto procede sin duda de que estamos muy distantes de los verdaderos polos magnéticos de la tierra, que segun se puede creer estan muy adentro de ella; y ya sabemos que por fuerte que sea un iman, su fuerza no es considerable sino muy cerca de él, disminuyéndose mucho, á poco que se aumente la distancia. Esta es la razon de que apenas sea sensible la fuerza magnética que adquieren con el tiempo las masas de hierro situadas de un modo conveniente en el torbellino de la tierra; á menos que el hierro no sea muy blando, y tenga la forma acomo-

dada á producir un torbellino como antes ha visto V. A.

Este efecto es mucho mas considerable cerca de un mediano iman, las masas pequeñas de hierro adquieren allí una fuerza magnética bastante sensible, y son atrahidas casi del iman; en lugar de que es imperceptible este efecto en el torbellino de la tierra, y solo consiste en dirigir las agujas imanizadas sin atraherlas ni aumentar su peso.

Una masa de hierro metida en el torbellino de un iman, nos ofrece tambien muy curiosos fenómenos que merecen particular explicacion. Esta masa no solo es atrahida hácia el iman, sino que ella atrahe otros pedazos de hierro. Sea A B (estampa 2 fig. 26) un iman natural en cuya cercania por el polo B, se coloca la masa de hierro C D; y se verá que esta es capaz de sostener una barra de hierro E F. Aplíquese en F una regla de hierro G H, en situacion cualquiera por ejemplo horizontal, sosteniéndola en H, y se notará que no solamente es atrahida por la barra en F, sino que es capaz de sostener en H agujas como Y A, yi que estas obran tambien en las limaduras de hierro L, atrayéndolas.

De esta manera se puede propagar la fuerza magnética á grandes distancias, y aun mudar su direccion, segun las diversas poeiciones de estas piezas de hierro, bien que disminuyéndose mas y mas. Es ciaro que

cuanto mayor sea la fuerza del iman A B y mas cerca esté la primera masa C D, mas considerable será el efecto. El difunto *Maupertuis* tenia un iman tan poderoso, que á la distancia de muchos pies, la masa de hierro C D obraba todavia con mucha fuerza.

Para explicar estos fenómenos se considera que la materia magnética que sale rapidamente por el polo B del iman, entra en la masa de hierro, dispone sus poros formando los canales magnéticos, y luego los atraviesa con libertad. Del mismo modo, entrando en la barra se formarán canales magnéticos, y asi de los demas. Una vez que la materia magnética sale de un cuerpo, y entra en otro, deben ambos atraherse mutuamente por la misma razon que vimos que dos imanes se atrahen cuando se presentan sus polos amigos; y siempre que veamos atraherse dos hierros, podemos inferir con seguridad que la materia magnética que sale del uno entra en el otro, por el movimiento continuo con que se introduce en estos cuerpos. Asi es como en la disposicion precedente de las barras de hierro, los enfila todos la materia magnética, y esta es la razon de su mutua atraccion.

Los mismos fenómenos se observan si se vuelve hácia la masa de hierro, el otro polo A del iman, por donde entra la materia magnética: el movimiento es entonces retrógrado; pero sigue el mismo camino, porque

la materia magnética contenida en la masa de hierro, saldrá entonces entrando en el iman, y al salir hara los mismos esfuerzos para disponer los poros, que si entrase con rapidez en el hierro. Para esto es preciso que el hierro sea bastante blando, y que los poros cedan con facilidad á los esfuerzos de la materia magnética. Una dificultad que se presentará á V A es ¿por qué la materia magnética al entrar en otra barra de hierro muda de direccion, y se arregla á lo largo de las barras, segun he representado su curso en la figura? Este punto es de mucha importancia en la teoría del magnetismo, y nos manifiesta lo que contribuye la forma de las piezas de hierro á la produccion de los fenómenos magnéticos.

Para aclarar esta circunstancia, se ha de tener presente que esta materia sutíl se mueve muy facilmente en los poros magnéticos donde está separada del eter; pero que encuentra grandes obstáculos cuando sale velozmente para volver á mezclarse con el eter y el ayre.

Supongamos que la materia magnética, despues de haber atravesado la barra C D (fig. 27 estampa 2) entra en la regla de hierro E F, puesta perpendicularmente. Bien conservaria la misma direccion para salir por *m*, sino encontrase un camino mas facil para continuar su movimiento; pero hallando en *m* los mayores obstaculos muda un poco

su direccion hácia F, donde encontrando los poros á propósito para continuar su movimiento, se desvia mas y mas de su primera direccion y atraviesa la regla E F por todo su largo. Asi pues la materia magnética continúa su moviento todo lo posible por lo largo de la regla, pero si esta fuese muy corta saldria sin duda por *m*. La regla le ofrece todo aquel espacio que correr: y asi la materia magnética sigue la direccion E F hasta que tiene que salir por F, donde todos los canales magnéticos, puestos en una misma direccion, no permiten que dicha materia mude mas de direccion ni vuelva atras, porque estos canales no solamente estan llenos de la materia que los atraviesa, sino que por su naturaleza no pueden admitir el movimiento en direccion contraria = A 14 de Noviembre 1761.

CARTA 181.

Sobre la armadura de los imanes.

Acaba de ver V. A. como el hierro puede recibir la corriente magnética de un iman

conducirla á distancias bastante grandes, y aun mudar su direccion. Juntar un iman á piezas de hierro es pues casi lo mismo que hacerlo mayor, pues el hierro adquiere la misma naturaleza respecto de la materia magnética; y como por este medio se puede tambien mudar la direccion de la corriente magnética, pues los polos son los lugares por donde entra y sale esta materia, se ve que se podrán mudar los polos donde se quiera.

En este principio esta fundada la armadura de los imanes, que merece explicarse, pues por este medio se consigue darles mayor grado de fuerza.

Al sacar los imanes de las minas, se les da regularmente la forma de un paralelepipedo como A A B B (fig. 28 estampa 2) cuya cara A A es el polo por donde entra la materia magnética, y B B el polo por donde sale. Esta pues lleno á lo largo A B de los canales *a b* atravesados libremente con suma rapidez por la materia magnetica que es impelida por la fuerza elástica del eter, sin ninguna mezcla de este fluido. Veamos ahora lo que suele practicarse para armar un iman semejante.

A cada cara A A y B B (estampa 2 fig. 29) en que se hallan los dos polos del iman se aplican planchas de hierro, terminadas por abajo en unos tacones B y A que se llaman *pies* ó tacones, y á esto es lo que lla-

man la *armadura* del iman, y entonces se dice que está armado. En este estado, la materia magnética que sale por la cara B B entra en la plancha de hierro *b b*, y no pudiendo seguir su inclinacion por impedirlo el aire, corre á lo largo de la plancha *b b* hasta el tacon B, donde tiene que salir por no encontrar mas hierro en que continuar su movimiento. Lo mismo sucede en el otro lado: la materia sutil irá por el tacon A de donde pasará por la plancha *a a*, mudando de direccion para entrar en el iman, y pasar por sus canales magnéticos; porque la materia sutil contenida en la plancha entra primero en el iman: síguela la que se halla en el tacon A, que es reemplazada por la de fuera, la cual impelida por la elasticidad del éter, penetra por el tacon A y la plancha *a a* con tal rapidez que su vehemencia es capaz de disponer los polos, y formar canales magnéticos.

Por aqui se vé que el movimiento debe ser el mismo por los dos lados, con la diferencia que la materia magnética entrará por el tacon A y saldrá por el tacon B, de suerte que en estos tacones ó pies es donde se hallan los polos del iman armado; y como los polos repartidos antes en las dos casas A A y B B, estan ahora reunidos en las bases de los tacones A y B, es muy natural que la fuerza magnética deba ser mucho mayor en estos nuevos polos.

En este estado, el torbellino se formará mas fácilmente: la materia que sale por el tacon B volverá facilmente al tacon A pasando por C, y el resto del cuerpo del iman no estará rodeado de ningun torbellino, á no ser que alguna poca materia magnetica se escape por la plancha *b b*, no pudiendo mudar su direccion tan pronto, ó que entre alguna poca por la plancha *a a*, de lo que resultaria un torbellino debil, pasando la materia sutil inmediatamente por la plancha *b b* á *a a*. Sin embargo, cuando está bien hecha la armadura, no es casi sensible este segundo torbellino, y por consiguiente es tanto mayor la corriente entre los pies.

La regla principal para armar los imanes es de pulir bien tanto las dos caras A A y B B del iman como las planchas del hierro, de suerte que toquen perfectamente al iman, para que no habiendo otra materia interpuesta, pase del iman al hierro la materia sutil, pues si hubiese un vacío ó aire entre el iman y las planchas, perderia la materia magnética casi todo su movimiento, se interrumpiria todo su curso, y no bastaria para abrirse paso por el hierro, formando canales magnéticos.

El hierro mas blando y mas dulce es preferible para estas armaduras, porque los poros ceden y se disponen con mas facilidad en la direccion de la corriente magnética; por lo que parece este hierro muy propio pa-

ra hacer mudar súbitamente la direccion de la corriente; y aun parece que la materia magnetica procura seguir su camino todo el tiempo que es posible, y no sale hasta que no puede continuar su movimiento, haciendo grandes rodeos mas bien que dejarlo. Esto no sucede en el iman mismo, en que ya estan formados los canales magnéticos, ni en el acero cuyos poros no obedecen tan fácilmente á los esfuerzos de una corriente magnética. Sin embargo una vez formados estos canales en el acero, se mantienen mas largo tiempo, conservando su fuerza magnética; en lugar que el hierro dulce, por mas fuerza que haya ejercido en su union con un iman, la pierde casi enteramente, luego que se le separa.

En cuanto á las demas circunstancias de la armadura es menester consultar la experiencia. El mucho ó poco grueso de las planchas es nocivo; pero lo comun es que las planchas mas delgadas sean las mas convenientes; lo que pareceria estraño, sino supiésemos que la meteria magnética es mucho mas sutil que el eter, y por consiguiente, la plancha mas delgada es suficiente para recibir gran cantidad de ella. = A 17 de Noviembre de 1761.

CARTA 182.

De la accion y fuerza de los imanes armados.

Estando reunidos los polos del iman en los pies ó tacones de su armadura, alli será pues donde ejercerá su mayor fuerza; y cada tacon es capaz de sostener un peso de hierro tanto mayor, cuanto mejor y mas excelente es el iman.

Un iman A A B B (estampa 2 fig. 30) armado de planchas de hierro *a a* y *b b* terminadas por los tacones A y B, no solamente sostendrá por el tacon A la regla de hierro C D, sino que esta sostendrá otra mas pequeña E F y esta otra G H, la cual sostendrá una aguja Y K, y esta atraherá las limaduras de hierro L; porque la materia magnética enfila todas estas piezas para entrar por el polo *de*; ó si fuese el otro polo por donde la materia magnetica sale del iman, enfilará del mismo modo las piezas C D, E F, G H, Y K; y ya sabemos que siempre que la materia magnética sale de una pieza de hierro y entra en otra, se

observa atraccion entre las dos piezas, ó por mejor decir, son impelidas una contra otra por el eter circunvecino, porque la corriente de la materia magnética entre ellas disminuye la presion de este fluido.

Cuando uno de los polos del iman está cargado de esta suerte, su torbellino padece gran mudanza de direccion; porque como sin este peso, la materia magnética que sale por el polo B, correria mudando su curso hácia el polo A, y que actualmente la entrada de este polo recibe bastante materia por las piezas sostenidas, es preciso que la del polo B, tome otro camino que la conduzca por fin á la última pieza Y K. Parte de ella irá sin duda hácia la penúltima G H y hacia las precedentes, en vista de que las siguientes como mas pequeñas no suministran bastante á las precedentes; pero siempre el torbellino se extenderá hasta la última. Por este medio proporcionando bien todas estas piezas entre si en largo y grueso, es capaz el iman de mucha mayor fuerza, que cuando solo se le carga de una pieza, en lo que la forma influye notablemente. Pero para que sostenga la mayor carga posible, se ha de cuidar de que los dos polos reunan sus fuerzas.

Para conseguir esto se aplica á los dos polos A y B, estampa 2 fig. 31) un pedazo C D de hierro dulce, que toque perfectamente á las bases de los tacones, y cuya

forma sea tal que la materia magnética que sale por B encuentre el paso muy cómodo para entrar por el otro extremo A A: á este pedazo de hierro llaman *puentezuela* del iman, y como la materia magnética entra en él saliendo del iman por B y vuelve á entrar en este por A saliendo de la puentezuela, el hierro será atrahido en los dos polos á la vez, y aherirá con gran fuerza. Para conocer esta se cuelga del medio de la puentezuela un peso, que se va aumentando hasta que el iman no sea capaz de sostener mas, y entonces se dice que este peso es igual ó vence la fuerza magnética del iman. Esto es lo que significan las expresiones de que tal iman lleva ó carga diez libras, tal otro treinta libras &c. Dicen que el ataud de Mahoma está suspendido por la fuerza de un iman; cosa que no es imposible, pues se han hecho imanes artificiales que se les puede cargar con mas de cien libras.

Un iman con su puentezuela no pierde ninguna materia magnética; la cual acaba su torbellino entero por dentro del iman y del hierro, sin que nada salga al aire. No ejerciendo el magnetismo su fuerza sino en cuanto la dicha materia sale de un cuerpo para entrar en otro, parece que estando el iman dispuesto de esta manera, no deberia mostrarse por ninguna parte la fuerza magnética. Sin embargo, si se toca á la plancha

en *a* con la punta de una aguja, se siente fuerte atraccion, porque teniendo que mudar de direccion la materia magnetica para entrar en los canales del iman, encuentra mas facil camino atravesando la aguja, la que por consiguiente será atrahida por la plancha *aa*. Se ve pues que entonces el torbellino se alterará, no correrá con tanta abundancia en los pies; y si se toca á la plancha con muchas agujas, ó se aplican reglas de hierro mas gruesas, se destruirá enteramente la corriente de los pies, y se desvanecerá la fuerza que atrahe la puentezuela; de manera que se separará sin esfuerzo. En esto se vé que los tacones pierden su fuerza magnética, cuando el iman obra en otros lugares; por cuyo medio se pueden explicar varios fenómenos muy singulares que sin esta teoria serian absolutamente insolubles.

Aqui tiene lugar el experimento que nos enseña que despues de haber aplicado su puentezuela á un iman armado, se puede aumentar cada dia el peso que sostiene, pudiendo este llegar á ser doble del que sostenia al principio. Tenemos pues que indagar, como puede aumentarse con el tiempo la fuerza magnética en los tacones de la armadura. El caso referido antes de la alteracion del torbellino, nos enseña que en el instante en que se aplica la puentezuela, la corriente de la materia magnética es todavia bastante

irregular: que gran parte de ella se irá por la plancha *bb*; y que necesita tiempo para abrirse los canales magnéticos en el hierro. Es pues probable que cuando la corriente sea mas libre, se formará nuevos caneles en el iman mismo, por cuanto ademas de estos canales fijos contiene poles movibles como el hierro. Pero luego que se quita la puentezuela turbándose la corriente, y destruidos en gran parte estos canales, se vuelve la fuerza tan pequeña como al principio, y es menester esperar algun tiempo á que estos canales y el torbellino vuelvan al estado precedente. Yo hice un iman artificial que al principio no se le podian cargar mas de diez libras; y algun tiempo despues me sorprehendió el ver que sostenia mas de treinta libras. Se observa particularmente en los imanes artificiales que el tiempo solo los refuerza muchísimo, pero que este incremento de fuerza dura solamente hasta que se les quita la puentezuela. = A 21 de Noviembre de 1761.



CARTA 183.

Del modo de comunicar la fuerza magnética al acero: del modo de tocar al iman las agujas de las brújulas: del toque sencillo, de sus defectos y modo de remediarlos.

Explicada la naturaleza de los imanes en general, me resta hablar de un artículo tan curioso como importante, y es el modo de comunicar al hierro y principalmente al acero la fuerza magnética, y aun la mayor que es posible.

Ya ha visto V. A. que poniendo un hierro en el torbellino magnético, adquiere fuerza magnética, pero que se desvanece casi enteramente luego que se le aleja de él, y que el torbellino de la tierra es capaz de dar al hierro con el tiempo alguna leve fuerza magnética. Siendo el acero mas duro que él hierro, y casi del todo insensible á esta accion del torbellino magnético, se necesitan otras operaciones para imanizarlo; pero tambien conserva la fuerza magnética mas largo tiempo.

Para esto hay que recurrir al contacto y aun á la frotacion. Empezaré pues explicando el método que antes se usaba para poner magnéticas las agujas de las brujulas; cuya operacion consistia únicamente en frotarlas sobre un polo de un buen iman, armado ó sin armar.

Se ponia la aguja *abc* (estampa 2 fig. 32) sobre una mesa: se pasaba sobre ella el polo B del iman, de *b* hacia *a*; y en llegando al extremo *a*, se levantaba el iman bien alto, y asi se pasaba al otro lado, y se volvia á *b*; se repetia varias veces esta operacion una tras otra, cuidando mucho de que el otro polo del iman no se acercase á la aguja. Despues de haber pasado algunas veces el polo B del iman sobre la aguja de *b* hacia *a* la aguja estaba magnetica, y el extremo *b* era el polo del mismo nombre que el del iman con que se la habia frotado. Para que el extremo *b* fuese polo boreal, se debia frotar con el polo de este nombre del iman, en la direccion de *b* hácia *a*; pero frotando con el polo meridional se debia frotar desde *a* hácia *b*.

Este modo de frotar ó tocar se llama *simple contacto* porque no se toca mas que con un polo; pero es muy defectuoso, y por mas excelente que sea el iman es poca la fuerza que comunica á la aguja. Tambien se nota que no produce efecto, cuando el acero tiene toda la dureza de que es capaz, cuyo

estado es el mas á propósito para la conservacion del magnetismo. Es muy facil de conocer lo defectuoso de este método del *simple contácto.*

Supongamos que B es el polo del iman por donde sale la materia magnética, sentado ya que los efectos de los dos polos son los mismos. Puesto dicho polo sobre el extremo *b* de la aguja, entra en ella la materia magnética con toda la rapidez con que se mueve en el iman, que es sin comparacion mayor que la que tiene en el torbellino formado en el aire: pero ¿que se hará esta materia en la aguja? No pudiendo salir por el extremo *b*, se dirigirá por la aguja hácia *a*, y á este esfuerzo favorecerá el polo B que va hácia el mismo lado. Luego que el polo B llega á *a*, la dificultad de salir por este extremo *a* causará esfuerzos contrarios, con que la materia magnética será impelida de *a* hácia *b*, y antes que el primer efecto no sea destruido enteramente no puede tener lugar el segundo. Despues que se pone de nuevo el polo B sobre el extremo *b*, se destruye tambien este último efecto, pero sin producir una corriente en sentido contrario de *b* á *a*; y por consiguiente mucho menos cuando el polo B esté hácia B, y sobre todo cuando se apoye sobre la mitad *c a*. Se ve pues que la aguja adquirirá poca fuerza magnética.

Por eso algunos solo frotan la mitad *c a*

pasando de *c* hácia *a*; y otros no hacen mas que tocar el extremo *a* de la aguja con el polo B del iman, y todo ello produce poco efecto. Es evidente que la materia magnética, que entra solamente por el extremo *a* no podrá obrar con bastante vigor en los poros de la aguja para disponerlos conforme á la naturaleza magnética; y que la fuerza comunicada por este metodo, debe ser muy pequeña y aun nula si el acero está bien templado.

Estos defectos del simple contacto se pudieran remediar á mi parecer, del modó siguiente; pues aunque no lo he probado, hay otros experimentos que me persuaden del buen éxito.

Yo querria embutir el extremo *b* (estampa 2 fig. 33) de la aguja en una regla E F de hierro dulce; y creo que seria bueno el que dicha regla fuese tan delgada y estrecha como se pudiese, pero de modo que el extremo *b* estuviese perfectamente aplicado y ajustado á ella. Puesto el polo B del iman sobre el extremo *b* de la aguja, la materia magnética que entra, no encontrando dificultad para atravesar la regla de hierro, tomará su curso en la direccion *b d*, y al paso que el polo vaya hácia *a*, la materia magnética continuando su curso, dispondrá los poros sobre los cuales obra inmediatamente; luego que el polo B llegue á *a* todos los poros ó la mayor parte, estarán ya dispuestos

en esta direccion. Cuando se empieza de nuevo á frotar el extremo *b*, nada se destruye, antes bien se sigue perfeccionando la corriente de la materia magnética en la misma direccion *b d*, disponiendo tambien los poros que han resistido á la primera operacion, y de esta suerte los canales magnéticos de la aguja se harán cada vez mas perfectos. Esto se conseguirá con prontitud, siempre que el iman no sea muy débil; y no dudo de que el acero mejor templado ó mas duro, no obedezca á este método; lo qual es muy ventajoso para la construccion de las brújulas; pues se ha notado que las agujas comunes suelen por un leve accidente perder toda su fuerza magnética; inconveniente gravísimo que expondria las naves á los mayores peligros sino llevasen otras de prevencion. Sin embargo cuando las agujas son de acero bien templado, no hay que temer estos accidentes, y asi como se necesita mas fuerza para hacerlas magnéticas, tambien conservan esta cualidad por mas largo tiempo.=A 24 de Noviembre de 1761.

CARTA 184.

Del toque doble, y modo de conservar la materia magnética en las barras imanizadas.

En lugar de este método de imanizar el hierro y el aceso por el *simple contacto*, frotándolo con uno de los polos del iman, se usa en el dia el del *doble contacto*, trotando con ambos polos á la vez lo que facilmente se ejecuta por medio de un iman armado.

Sea E F (estampa 2 fig. 34) una barra de hierro ó de acero, que se quiere imanizarla. Despues de fijarla bien sobre una mesa, se ponen sobre la barra los dos tacones ó pies A y B de un iman. Se ve que la materia magnética que sale del iman por el tacon B, penetrará en la barra y se esparcirá hácia todas partes si el tacon A no atrajese por su parte la materia magnética contenida en los poros de dicha barra. Faltando la materia magnetica en *d* entrara por el polo B á tomar su curso de *c* hácia *d*, con tal que los dos polos A y B no disten mucho uno de otro. La corriente magnética se abrirá camino en la barra para pasar del polo B.

al polo A, disponiendo los poros en forma de canales magnéticos. Facil es de asegurarse si esto sucede, pues basta ver si el iman es atraido con fuerza hácia la barra, lo que siempre sucede si la barra es de hierro dulce, facil de penetrar por la materia magnetica. Pero si la barra es de acero, suele ser muy pequeña la atraccion ; lo que es señal de que la materia magnética no puede abrirse paso de *c* hácia *d*; de lo que se concluye que el iman es muy debil, ó que el espacio entre sus dos polos es muy grande : en cuyo caso es menester valerse de un iman mas fuerte, ó que tenga los pies ó tacones mas cercanos, ó finalmente mudar la armadura del iman como se ve en la (fig. 35 estampa 2). Veamos algunos medios de remediar este inconveniente.

Habiendo dispuesto en los cortos intervalos *e d* (fig. 34) los poros como conviene al magnetismo, es menester pasar y repasar varias veces el iman sobre la barra, de un extremo á otro, sin quitarlo hásta advertir que la atraccion no se aumenta mas; porque ya se sabe que la atraccion crece al paso que la fuerza magnética se aumenta. Con esta operacion quedará imanizada la barra E F, de manera que el extremo E de cuyo lado estaba el polo A, sera el polo amigo de A, y por consiguiente del mismo nombre que el otro polo B. Quitando luego el iman y quedando ya formados los canales magnéti-

cos por todo lo largo de la barra la materia magnética esparcida en el aire los atravesará; y con esto será la barra un iman. La materia entrará por el extremo a, y saldrá por el otro b, y una parte á lo menos volverá á a y formará un torbellino en cuanto lo permita la figura de la barra.

Debemos ahora notar que la formacion del torbellino es absolutamente necesaria para aumentar el magnetismo: porque si toda la materia magnética que sale por el extremo b, se escapase y se disipase enteramente sin volver á a, el aire no suministraria bastante cantidad de ella al otro extremo a, por lo cual se disminuiria mucho la fuerza magnética. Pero si mucha parte de la que sale por el extremo b vuelve á a, basta el aire para suministrar la demas, y tal vez mas, si los canales magnéticos de la barra son capaces de recibirla. La barra adquirirá entonces mucho mayor fuerza magnética.

Esta consideracion nos guia á buscar el medio de conservar la materia magnética en las barras imanizadas. Trátase de impedir que la materia magnética que las atraviesa no se disperse en el aire, y para ello se disponen las barras de dos en dos, de igual tamaño, poniendolas sobre una tabla en situacion paralela y de modo que los polos amigos ó de diferente nombre esten vueltos hácia un mismo lado, como en la fig. 36, en que M M y N N representan las dos barras,

cuyos polos amigos *a b*, *b a* estan vueltos de un mismo lado; y para no equivocarse se hace en cada barra una señal cualquiera X en el extremo en que se halla el polo boreal. A cada lado se aplica un pedazo de hierro dulce E E y F F, para recibir la corriente magnética que atraviesa la barra M M y sale por el extremo *b*, pasa por el pedazo de hierro E E, y abriendose alli libre paso, va al extremo *a* de la otra barra N N, la atraviesa, sale por el extremo *b*, entra en el otro pedazo de hierro F F, por donde vuelve al extremo *a* de la primera barra M M. Asi pues continuará circulando la materia magnética, sin que nada se disipe; y en el caso de que no hubiese bastante al principio para completar el torbellino, el aire suministrará lo demas, y el torbellino conservará toda su fuerza en las dos barras.

Puede tambien emplearse esta disposicion de las dos barras, para imanizarlas á un tiempo. Se pasan los dos polos de un iman sobre las dos barras, pasando de una á otra por los pedazos de hierro, y dando muchas vueltas, cuidando siempre de que los dos polos A y B del iman esten siempre vueltos como la figura lo indica.

Este modo de imanizar dos barras á la vez, debe ser mas eficaz que el anterior, porque á la primera vuelta que se dé con el iman empezará á correr la materia magnética por las dos barras, por medio de los dos

pedazos de hierro. Continuando luego en pasarlo sobre las dos barras, se dispondran mayor cantidad de poros segun conviene al magnetismo, y se abrirán varios canales magneticos, cuyo torbellino se fortalecerá cada vez mas, sin debilitarse por ninguna causa. Si las barras son gruesas, conviene volverlas y frotarlas del mismo modo por las caras opuestas para que la accion magnética las penetre enteramente.

En teniendo estas barras magnéticas M M, N N (estampa 2 fig. 37) pueden servir en lugar del iman natural, para imanizar otras. Se las junta por arriba de suerte que se toquen los dos polos amigos *a* y *b*, y se apartan lo conveniente los otros dos polos *b* y *a*. Despues por los dos polos de abajo, que hacen el oficio de los dos polos de un iman, se frotan otras dos barras E F, segun el método explicado.

Como estas dos barras estan juntas á manera de compas, se las puede abrir segun se necesite, lo que no puede hacerse con un iman. La corriente magnética pasara facilmente por la parte de arriba en que las barras se tocan; y aun para mejor mantenerla se puede poner alli un pedazo P de hierro du.ce. De esta manera se logrará imanizar prontamente tantos pares de barras cuantos se quieran. = A 28 de Noviembre de 1761.

CARTA 185.

Del modo de dar mucha fuerza magnética á las barras de acero, por medio de otras que tienen muy poca.

Aunque este método del *doble contacto* es preferible al anterior, no por eso se consigue aumentar la fuerza magnética sino hasta cierto punto. Sea que se emplee un iman natural, ó dos barras magneticas para frotar otras barras, estas no adquirirán nunca tanta fuerza como aquellas; pues el efecto no puede ser mayor que la causa.

Si las barras con que se frota tienen poca fuerza tendran menos las frotadas. La razon es clara; pues asi como las barras destituidas de toda fuerza magnetica, no podran producirla en otras, asi tambien una fuerza magnética mediana no podra producir otra mayor, á lo menos por el método que queda expuesto.

Sin embargo no debe tomarse á la letra esta regla, ni creer que sea imposible producir mayor fuerza magnètica por medio de

otra menor. Hay un método para aumentar la fuerza magnética casi tanto como se quiera, empezando por la mas pequeña. Este descubrimiento es moderno, y merece tanta mas atencion, cuanto aclara muchisimo la naturaleza del magnetismo.

Supongamos que no haya mas que un iman muy debil, o en falta del iman natural unas barras de hierro que estan algo magnéticas únicamente por medio del torbellino de la tierra, segun queda dicho en otra parte. Se toman ocho barras de acero muy pequeñas y no templadas, para que mas facilmente reciban la corta fuerza magnética, que el iman o barras que se han puesto, pueden comunicar, frotando cada par del modo que se ha explicado. Teniendo ya ocho barras un poco magnéticas, se toman dos pares y se las ponen juntas del modo que se representa en la fig. 38 estampa 2.

Reuniendo las dos barras por los polos del mismo nombre, se hace una de doble grueso, y con dos de estas se forma el compas A C y B D para mejor mantener la corriente magnética, y para el mismo fin se puede poner arriba en C D un pedazo P de hierro dulce. Se abren las piernas de este compas lo que se juzga conveniente, y se van frotando una tras otra las demas barras, por cuyo medio adquieren mayor fuerza que tenian, pues esta reunida la de las primeras. Despues de esto se reunen del mismo modo

estos dos pares nuevamente frotados, y se frotan una tras otra las barras que sirvieron la primera vez, cuya fuerza se aumentará considerablemente. Se unirán de nuevo estos dos pares, y se frotarán los otros para aumentar su fuerza magnética, y se continuará frotando alternativamente dos pares por los otros dos; con cuya operacion adquirirán tal grado de fuerza que no será posible aumentarla aun que se continue. Si hubiese mas de cuatro pares de barras, se pueden juntar tres pares en lugar de dos, y frotar despues las otras; y por este medio la operacion será mas pronta.

Estan pues vencidas las mayores dificultades, y por mèdio de estas barras juntas en dos ó varios pares, se frotarán otras de acero bien templado que sean del mismo tamaño ó mayores que las primeras, con lo que se les comunicará la mayor fuerza que pueden admitir.

Empezando por las primeras barras, se pueden continuar estas operaciones hasta barras de un tamaño enorme, hechas de buen acero templado, que estan menos expuestas á perder la fuerza magnética. Solamente se ha de observar que para frotar barras grandes se deben juntar varios pares cuyo peso sea á lo menos doble del de una grande. Pero siempre es lo mejor ir por grados, y frotar cada especie de barras por otras què no sean mucho mas pequeñas, de modo què

baste unir dos pares; porque cuando hay que juntar muchos pares tienen demasiada extension por donde se frota, y la materia magnética que pasa por ellos, se impedirá á sí misma el seguir la barra frotada, tanto mas cuanto entrando en direccion perpendicular tiene luego que tomar la direccion horizontal.

Para facilitar esta mudanza de direccion, conviene que la materia magnética pase por un pequeño espacio, y que tenga tal direccion que se acerque á la que ha de seguir en la barra tocada. Yo creo que esto se lograria del modo siguiente.

La fig. 39 estampa 2 representa cinco pares M M, N N de barras juntas, pero no en figura de compas. Arriba hay una barra C D de hierro dulce, para mantener el torbellino. Yo no froto abajo inmediatamente con los extremos de las barras, sino que las ajusto á un tacon ó pie de hierro dulce, sujetandolas con algunos tornillos O. Cada pie está combado en A B, de suerte que la direccion de la materia magnética, que atraviesa libremente estos pies, se acerque bastante á la horizontal, sin que en la barra frotada E F tenga que mudar mucho su direccion. Yo no dudo de que por medio de estos pies reciba la barra E F mayor fuerza magnética, que si la frotase inmediatamente por los extremos de sus barras, cuyo grueso en la direccion vertical se opo-

ne naturalmente á la formacion de los canales magnéticos en la barra E F. Por este método se puede tambien acercar ó apartar segun se quiera los extremos de los pies A y B.

Ultimamente debo decir que si con el tiempo pierden estas barras su fuerza magnética, la vuelven a recobrar por medio de las mismas operaciones. = A 1.° de Diciembre de 1761.

CARTA 186.

De los imanes artificiales en forma de herradura.

Cuando se quieren hacer experimentos sobre las propiedades del iman, es menester tener muchas barras magneticas, desde las mas pequeñas hasta las mayores: cada una de las cuales es como un iman particular que tiene sus dos polos uno boreal y otro meridional.

V. A. se habrá admirado de que por medio de la mas débil fuerza magnética que nos suministra un miserable iman natural, ó unas pinzas de chimenea, que con el tiem-

po han adquirido un poco de magnetismo se puede aumentar esta fuerza hasta conseguir que las mayores barras de acero adquieran el mas alto grado de magnetismo de que son capaces. Me parece superfluo añadir que por este método se pueden tener las mejores agujas imanizadas, no solamente mucho mayores que las comunes, sino tambien del mas fuerte acero, que son mas durables. Todavia me resta decir algo sobre la construccion de los imanes artificiales, que por lo regular tienen la figura de una herradura, como V. A. lo habra visto.

Los imanes artificiales sirven en qualquier ocasion del mismo modo que los imanes naturales, con la ventaja de poder ser mas vigorosos, haciéndolos de conveniente tamaño. Hacense de acero bien templado, y la figura de herradura parece la mas á propósito para mantener el torbellino. Hecha la pieza por el obrero, se le comunica la mayor fuerza magnética que puede recibir por medio de las barras magneticas, cuya construccion queda explicada. Claro es de ver que quanto mayor sea este iman tanto mayores han de ser las barras que se empleen, por cuya razon es menester tener á la mano todo género de ellas.

Para imanizar la herradura H L G (estampa 2 fig. 40) que debe ser de acero bien templado, se ponen sobre la mesa un par de barras magnéticas A C y B D, con sus puen-

tezuelas de hierro dulce á cada lado, de los que solo hay uno E F en la figura, por quitarse el otro á medida que se le han ido aplicando los pies de la herradura, segun se ve. En este estado, la materia magnética que atraviesa las barras hará esfuerzos para pasar por la herradura estando vueltas las piernas del compás de un modo conveniente á los polos de la herradura; pero no será suficiente para disponer los poros y abrirse camino, por razon de la dureza del acero templado. Se necesita pues emplear el mismo medio que vimos para imanizar las barras de hierro. Se toma un compás formado de un par de barras magneticas, y se les pasa del mismo modo sobre la herradura. De esta suerte se abrirán los canales magnéticos de la herradura; y atravesandola la matéria sutil de las barras formara el torbellino de este fluido. En esta operacion es menester cuidar de que al pasar las piernas del compás sobre la herradura, no toquen los extremos A y B de las barras, pues esto turbaria la corriente de la materia magnética que pasaria inmediatamente de las barras á las piernas del compás ó los torbellinos de las barras y del compás se turbarian mutuamente.

La herradura habrá de esta suerte adquirido mucha fuerza, habiendo sido atravesada por una poderosa corriente magnética. Ahora solo se trata da separarla de las

barras sin que padezca alteracion dicha corriente. Si se le arrancaba de repente, se destruiria el torbellino magnético, y conservaria poca fuerza el iman artificial.

No conservándose los canales sino en cuanto los atraviesa la materia magnética, se debe inferir que las partículas que forman estos canales, se hallan en un estado forzado que solo se mantiene mientras obra el torbellino; y luego que este cesa, las dichas partículas en virtud de su elasticidad se desviarán de su situacion, y serán interrumpidos y destruidos los canales magnéticos. Esto lo vemos claramente, en que los poros del hierro dulce se dispone prontamente en la cercania de un torbellino magnético, pero no conservan casi ninguna fuerza luego que se les aparta de él; lo que prueba que los poros del hierro son muy movibles, y dotados de un resorte que los muda de situacion luego que cesa la fuerza. Es menester mucho tiempo para que algunos poros se fijen en la posicion que les ha dado la fuerza magnética, lo que particularmente sucede en las barras de hierro expuestas por largo tiempo al torbellino de la tierra. Los poros del acero son menos flexibles y se mantienen mejor en el estado á que se les ha forzado; pero no obstante experimentan alguna alteracion asi que cesa de obrar la fuerza, á proporcion de la menor dureza del acero. Esta es la razon de

que los imanes artificiales deben hácerse de acero bien templado. Si se hicieran de hierro adquiririan pronto gran fuerza magnética aplicándolos á las barras magnéticas, pero toda se desvaneceria en el punto en que se les separase. Es tambien preciso tomar precauciones para separar de las barras los imanes hechos de acero bien templado. Para esto antes de separarlos, se pone su puentezuela hecha de un acero blando, segun la línea M N (estampa 2 fig. 41), cuidando de que no toque á las barras, pues todo sè echaria á perder, y habria que empezar de nuevo la operacion. Entonces una buena parte de la materia magnética que circula en el iman G H Y, tomará su camino por la puentezuela, y formará un torbellino separado que se conservará despues de la separacion.

Despues se empuja lentamente la puentezuela sobre las piernas del iman hasta los extremos, como se vé por la *figura*; y en este estado se les deja reposar por algun tiempo, á fin de que se afirme el torbellino. Tambien se carga la puentezuela con un peso P, que se puede ir aumentando cada dia; bien entendido que la puentezuela ha de estar de tal manera ajustada que toque perfectamente á las piernas del iman. = A 5 de Diciembre de 1761.

TABLA

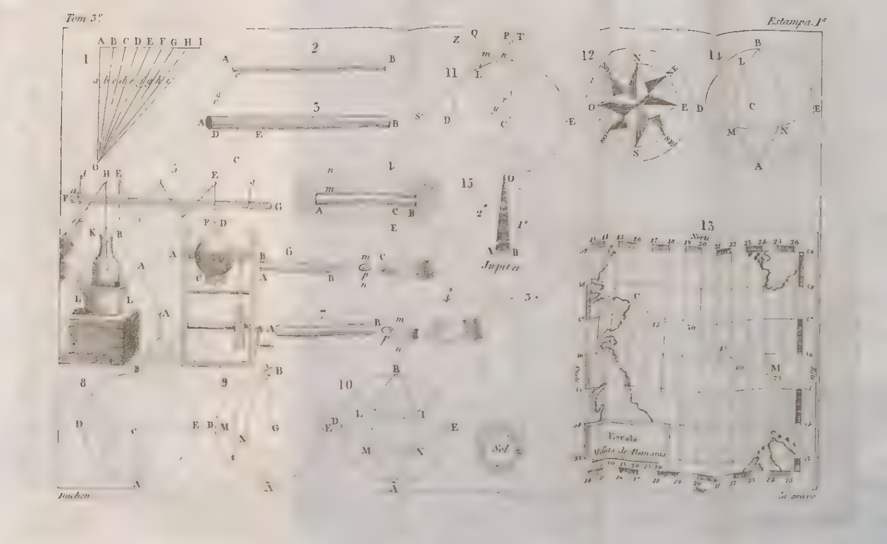
DE LAS MATERIAS DEL TOMO TERCERO.

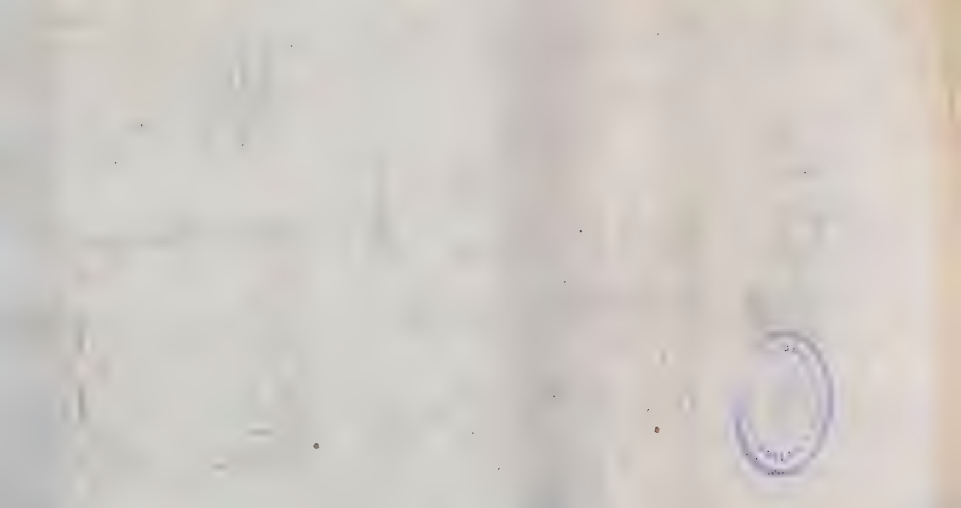
ADVERTENCIA.

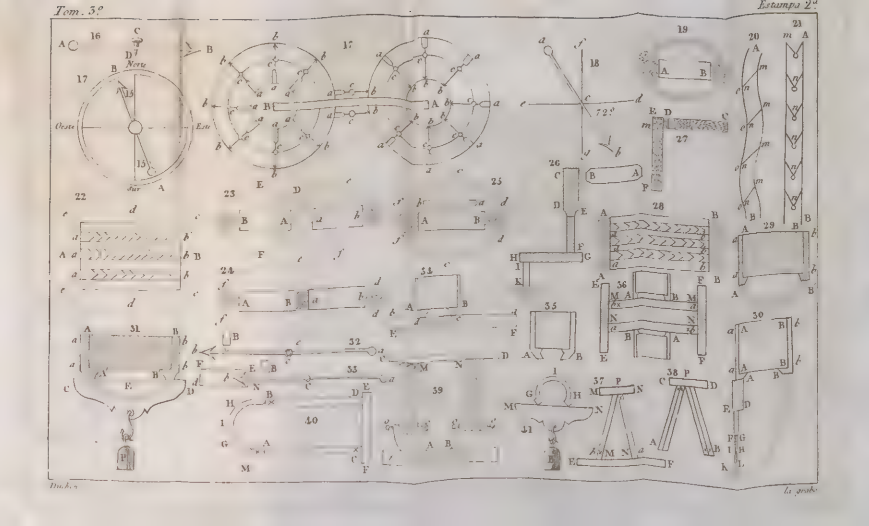
En la pag. 127, al principio de la carta 150, debe borrarse *Adicion Noticias históricas.*

En la pag. 150, despues de la linea 11, debe leerse y trasladarse á este lugar todo lo que se dice en la pag. 163, desde el parrafo que empieza, el 10 de mayo, hasta el fin de la pag. 164.

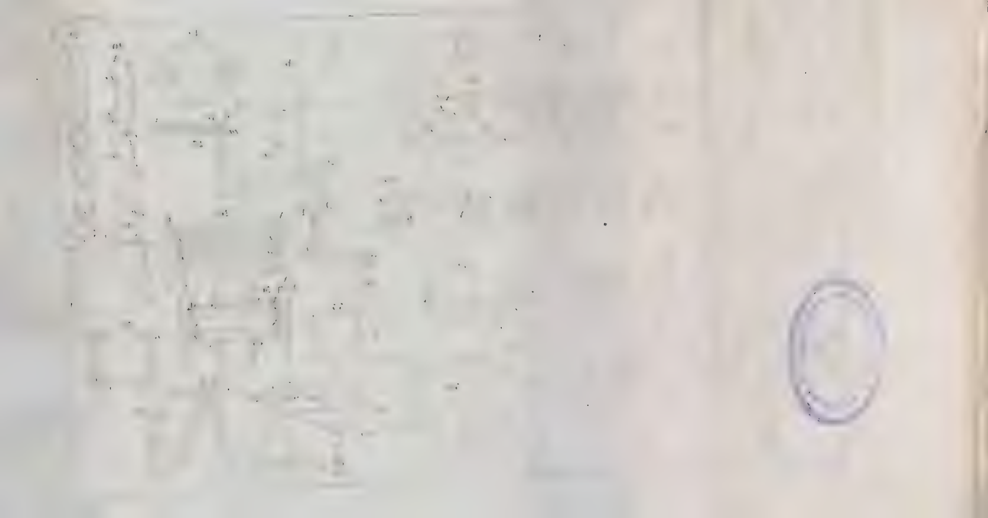



Norte
Sur
Escala
Sol





Dubois La grabó










colorchecker CLASSIC
calibrite
mm